

Juha Mannermaa

Eteisvärinän havaitseminen mobiilisovelluksella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

2.12.2016

Tekijä Otsikko	Juha Mannermaa Eteisvärinän havaitseminen mobiilisovelluksella
Sivumäärä Aika	36 sivua 2.12.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tietoverkot
Ohjaajat	Hankejohtaja Sirpa Arvonen Lehtori Marko Uusitalo
<p>Insinööritöön tarkoituksena oli selvittää eteisvärinän havaitsemiseen kykenevien mobiilisovellusten nykytilanne ja tulevaisuus sekä niiden ominaisuuksia ja toimintoja. Selvitystyö oli osa Terveyskylä-palvelukokonaisuuteen kehitteillä olevaa Sydäntalo-projektia ja sen tuloksia oli tarkoitus käyttää selvitetessä mahdollisuuksia sydänpotilaiden sairaanhoitopalvelujen kehittämisessä digitalisoinnin avulla.</p> <p>Selvitystyössä tutkittiin sovelluskartoituksen avulla, millaisia eteisvärinän havaitsemiseen kykeneviä mobiilisovelluksia oli kehitetty ja mitä oli kehitteillä. Käyttötarkoitukseen sopivista sovelluksista selvitettiin niistä tehdyt tutkimukset, validoinnit ja sertifioinnit, sekä niiden toiminnot ja tärkeimmät ominaisuudet. Niiden soveltuvuutta projektiin arvioitiin työn tilaajan tarpeiden, vaatimusten ja määrittelyjen perusteella.</p> <p>Sovelluskartoituksesta voitiin päätellä, että eteisvärinän havaitseminen mobiilisovelluksilla oli insinööritöön aikana mobiilin terveysteknologian yksi nopeimmin kehittyvistä osa-alueista. Projektin vaatimuksia ja määrittelyjä toiminnallisesti täyttäviä sovelluksia oli jo markkinoilla kolme ja lähitulevaisuudessa julkaistavia oli kaksi. Sovelluksien käyttämisestä kolmesta erilaisesta mittaustekniikasta löytyi myös pääosin hyvin tutkimustietoa, joten niiden mittaustarkkuutta ja luotettavuutta pystyi arvioimaan perustellusti. Tutkimustietoa löytyi myös kehitteillä olevista mittaustekniikoista sekä mobiilin terveysteknologian kehityssuunnista.</p> <p>Insinööritöön tuloksena syntynyt sovelluskartoitus antoi hyvän tilannekuvan työn tilaajan määritysten ja vaatimusten mukaisista sovelluksista. Se selvitti niiden käyttämät erilaiset mittaustekniikat, toiminnot ja ominaisuudet sekä niiden tutkimustiedot projektin vaatimalla tarkkuudella. Insinööritöä antoi myös kuvan mobiilin terveysteknologian nopeasta kehitymisestä kartoitetun sovelluksen kategoriassa sekä selvitti kehitteillä olevaa uutta mittaustekniikkaa ja teknologiaa. Näitä tietoja voidaan käyttää projektin myöhemmässä vaiheessa, kun käyttötarkoitukseen sopivan sovelluksen hankinta- tai kehitysprosessi alkaa.</p>	
Avainsanat	Sovellus, mHealth, eteisvärinä

Author Title	Juha Mannermaa Detection of Atrial Fibrillation with Mobile Application
Number of Pages Date	36 pages 2 December 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Networks
Instructors	Sirpa Arvonen, Project Leader Marko Uusitalo, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to survey the present and future status of mobile applications that are capable of detecting atrial fibrillation. The survey was part of a project called Heart House, which is being developed into online services provided by Terveyskylä.fi (Health Village) coordinated by HUS, The Hospital District of Helsinki and Uusimaa. The results could be utilized in the digitalization of health services, which is one aim of the Heart House project.</p> <p>The research was made by doing an application survey, which included discovering applications that were already available or being developed and that fulfill the current requirements. The applications' suitability for the project was estimated on the basis of their features, functionalities and published studies.</p> <p>The results of the application survey indicated that detection of atrial fibrillation with mobile applications was one of the fastest developing areas in mobile health technology. As a result of the survey, three almost compliant applications was found and two were to be published in the near future.</p> <p>Based on the findings of this thesis, the current and future state of mobile applications fulfilling the requirements of the client seem good. In addition, the brief review to the future of mobile health technology provides a good understanding of the development of the technology in the application category explored for this study. The findings can be used at the later stage of the project, when the acquisition of suitable applications or development process begins.</p>	
Keywords	Application, mHealth, atrial fibrillation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	mHealth	2
3	Virtuaalisairaala 2.0 -hanke	6
4	Eteisvärinä	10
5	Sovelluksen määrittely ja vaatimukset	12
6	Sovelluskartoitus	16
6.1	Älylaitteen kiihtyvyysanturi ja gyroskooppi	16
6.1.1	BeatScanner	16
6.1.2	Turun yliopiston projekti	18
6.2	Älylaitteen kamera ja led-valo	19
6.2.1	Pulse-Smart	20
6.2.2	Cardio Rhythm	20
6.2.3	Preventicus Heartbeats	21
6.3	Erillinen lisälaite	23
6.3.1	Kardia Mobile	24
6.3.2	Beat2Phone	25
6.3.3	CardioSecur	25
6.4	Sovelluskartoituksen yhteenveto	27
7	Tilannekatsaus	28
8	Yhteenveto	32
	Lähteet	33

Lyhenteet

BCG	Ballistocardiography, ballistokardiografia, sydämen toiminnasta aiheutuvien voimien mittaaminen voima-anturilla tai kiihtyvyyssanturilla.
CE	Conformité Européenne, valmistajan ilmoitus siitä, että tuote täyttää sitä koskevat Euroopan unionin vaatimukset.
eHealth	Sähköiset terveydenhuoltopalvelut, verkkovälitteinen terveydenhuolto.
EKG	Elektrokardiogrammi, eli sydänsähkökäyrä, joka kuvaa sydämen toimintaa mittaamalla sydämen toimintaan liittyviä sähköimpulsseja.
FDA	Food and Drug Administration, Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkevirasto.
HUS	Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri.
IoT	Internet of Things, esineiden ja asioiden internet.
mHealth	Mobiiliteknologiaa hyödyntävät terveydenhuoltopalvelut.
NHS	Yhdistyneen kuningaskunnan kansallinen terveystoimisto.
ODA	Omahoito- ja digitaaliset arvopalvelut -hanke, jolla tuotetaan sosiaali- ja terveyshuollon tietojärjestelmien kanssa yhteensopivia digitaalisia palveluja kansalaisille.
PCG	Phonocardiography, fonokardiogrammi, sydämen toiminnan mittaus sen tuottamien äänien perusteella.
PDF	Portable Document Format, Adoben kehittämä ohjelmistoriippumaton, siirrettävä tiedostomuoto.
PNG	Portable Network Graphics, häviötön bittikarttagrafiikan tallennusformaatti.
PPG	Photoplethysmography, fotopletysmografia, volyymin muutosten mittaaminen optisesti.

rPPG	Remote photoplethysmography, fotopletysmografia, volyymin muutosten mittaaminen optisesti joltakin etäisyydeltä kohteesta.
SCG	Seismocardiography, seismokardiografia, sydämen toiminnan mittausmenetelmä, jossa sydämen aiheuttamia värähdyksiä mitataan rintakehältä.

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on selvittää, minkälaisia eteisvärinän havaitsemiseen kykeneviä mobiilisovelluksia on olemassa, mitä on kehitteillä sekä miten niitä voisi hyödyntää julkisissa terveydenhuoltopalveluissa. Tavoitteena on myös löytää sopivista sovelluksista tutkimustietoa, selvittää niiden toiminnot ja laatia sovelluskartoitus.

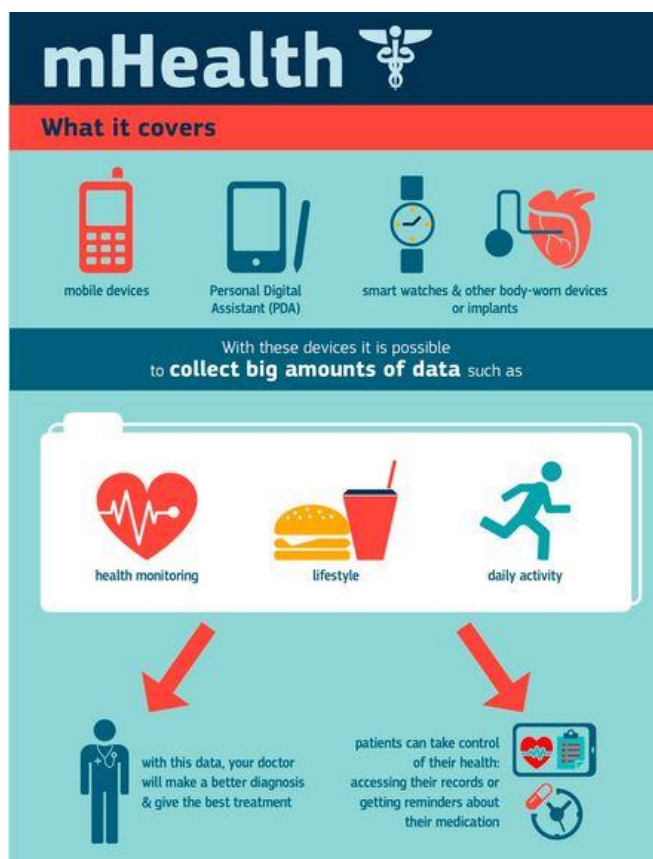
Työ on osa Sydäntalo-projektin alkukartoitusta, mikä tullaan liittämään osaksi Virtuaalisairaala 2.0 -hankkeeseen kuuluvaa Terveyskylä-palvelukokonaisuutta. Virtuaalisairaala 2.0 -hankkeen yhtenä tarkoituksena on digitalisoida terveydenhuoltopalveluita soveltuvin osin ja luoda sekä ammattilaisille että kansalaisille uusia palveluja ja työkaluja etenkin erikoissairaanhoidon puolelle. Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin teettämän selvitystyön tuloksista voisi olla hyötyä Sydäntalo-projektissa eteisvärinän seulonnassa ja pitkäaikaissurannassa.

Eteisvärinän havaitseminen ajoissa on tärkeää, koska se on merkittävä aivoinfarktin aiheuttaja ja heikentää pitkään jatkuneena myös sydämen toimintaa. Eteisvärinä on usein lyhytkestoista, se ei välttämättä aiheuta mitään oireita eikä sitä pystytä havaitsemaan sairaalassa jälkikäteen, joten tarve sen havaitsemiseen ja tarkkailuun itsenäisesti kotiloissa on olemassa. Käsin tehtävä sykkeen mittaaminen on aina suuntaa antava ja mittaajan taidon varassa, joten mobiiliteknologian käyttäminen sekä mittaamiseen, että tulosten kirjaamiseen olisi hyödyllistä. Myös eteisvärinän hoitoon liittyvän pitkäaikaissurannan toteuttaminen mobiililaitteiden avulla voisi olla nykyistä tehokkaampaa ja taloudellisempaa.

Mobiiliteknologian käyttö terveyspalveluiden apuna on kehittynyt voimakkaasti viime vuosina maailman laajuisesti ja siten se on saanut myös oman terminsä mHealth. Eteisvärinän ollessa maailmanlaajuinen terveysongelma, sen hoitamiseen tarkoitettun teknologian osuus mHealth-sektorissa on iso, joten mahdollisuudet valmiin, hyödyllisen ja vaatimukset täyttävän sovelluksen löytymiseen ovat olemassa.

2 mHealth

Terveysalan mobiilisovellukset (mHealth) ovat sähköisten terveyspalveluiden (eHealth) alaluokka. Siihen on luokiteltu kuuluvaksi terveydenhuoltopalvelujen tuottaminen mobiililaitteilla, kuten älypuhelimilla, tableteilla tai muilla langattomilla laitteilla. Se käsittää myös erilaiset mobiililaitteilla käytettävät terveysalan sovellukset lisälaitteineen, hoidon ohjauksen viestit ja muut langattoman telelääketieteen sovellukset (kuva 1). Mobiili terveysteknologia sisältää monenlaisia teknisiä ratkaisuja sydämen sykkeen, verenpaineen, veren glukoosipitoisuuden, ruumiinlämmön ja aivotointojen mittaamiseen. Käsite mHealth sisältää myös mobiilisovellukset, joita käytetään ylläpitämään tai parantamaan henkilökohtaista terveellistä elämäntapaa, hyvinvointia tai elämänlaatua. [WHO 2011; EU 2014.]



Kuva 1. Euroopan komission määritelmä mHealthista [EU 2014].

Terveysalan mobiilisovellukset kehittyvät ja yleistyvät nopeasti, mikä mahdollistaa uusia hoitokäytäntöjä ja lisää potilaiden vaikutusmahdollisuuksia omaan hoitoonsa. Niillä ei ole

tarkoitus korvata terveydenhuollon ammattilaisia, vaan käyttää terveydenhuollon apuvälineenä. Etenkin kehittyvissä maissa mHealthilta odotetaan paljon terveyspalvelujen saatavuuden edistäjänä, koska mobiililaitteet ovat levinneet nopeasti ympäri maailmaa. Myös Suomessa se on nostettu yhdeksi suurimmista mahdollisuuksista terveys- ja hyvinvointipalvelujen uudistajana. [Holopainen 2015.]

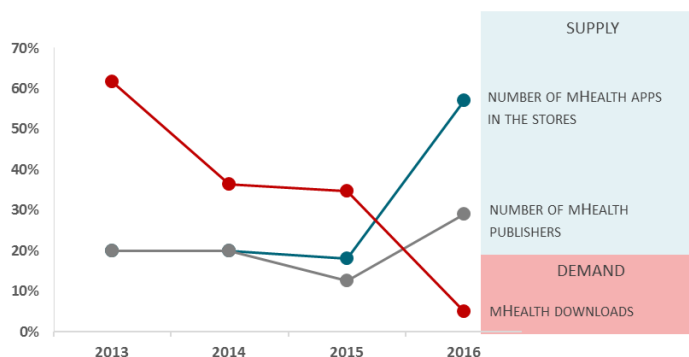
Suomen terveydenhuoltopalveluiden osalta terveysalan mobiilisovelluksilla voisi vastata väestön ikääntymisestä ja budjettipaineista aiheutuviin haasteisiin. Niiden avulla olisi mahdollista ennaltaehkäistä kroonisia sairauksia havaitsemalla ne jo varhaisessa vaiheessa itsearviointivälineiden ja etädiagnoosien kautta. Erityisesti psyykkisten sairauksien osalta niillä voisi myös helpottaa avun hakemista ja saada niistä kärsiviä hoidon piiriin. Sovelluksilla olisi mahdollista myös säästää terveydenhuoltopalvelujen resursseja vähentämällä turhia lääkärikäyntejä, parantamalla suunnittelua ja tukemalla sekä terveydenhuollon ammattilaisia että potilaita. Resursseja voisi säästyä myös etäseurannan ja -ohjeistuksen avulla, jolloin potilaat voisivat jäädä kotiin joissain tilanteissa. Myös sovelusten tuottamaa valtavaa tietomäärää voisi mahdollisesti hyödyntää potilaiden sairauksien ja elämäntapojen tilannekuvan rakentamisessa. [EU 2014.]

Potilaille mHealth voisi tarjota mahdollisuuden muuttua melko passiivisesta roolista osallistuvampaan suuntaan ja samalla lisätä heidän vastuuta omasta terveydestään. Tämä voisi toteutua esimerkiksi sairauksista valistavien ja tärkeimpiä elintoimintoja seuraavien sovellusten kautta. Myös terveyssovelluksilla motivointi voisi olla mahdollista kannustamalla käyttäjiä saavuttamaan asetetut tavoitteet tai muistuttamalla heitä lääkkeiden ottamisesta. Tämä voisi tapahtua esimerkiksi terveyssovellusten pelillistämällä, joka samalla innostaisi, sitouttaisi ja hauskuuttaisi terveyspelien muodossa. [EU 2014; Holopainen 2015.]

Terveysalan mobiilisovellusten määrä on valtava ja kasvaa edelleen nopeaa vauhtia. Insinöörityön aikana niitä oli 259 000 suurimmissa sovelluskaupoissa, joista 100 000 oli tullut vuoden 2015 alun jälkeen. Kuvasta 2 näkee, kuinka mHealth-sovellusten tarjonta on jo ylittänyt kysynnän ja on edelleen suurenevassa suhteessa. Niillä on 58 000 eri kehittäjää, joten sovellusten laatu on hyvin vaihtelevaa. [Research2guidance 2016.]

THE GROWTH OF THE SUPPLY SIDE EXCEEDS DEMAND SIDE

mHealth supply and demand growth rates 2013-2016



Copyright research2guidance 2016

Source: research2guidance - mHealth App Developer Economics study 2016, n=2600

Kuva 2. Terveysalan mobiilisovellusten markkinatilanne [Research2guidance 2016].

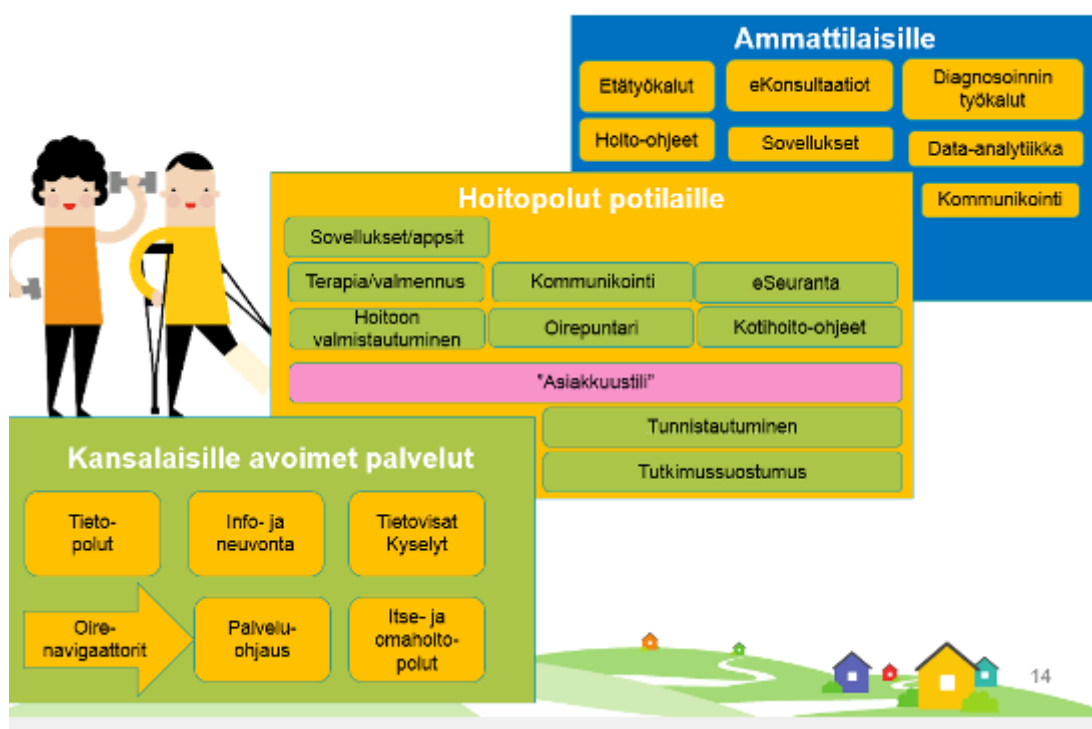
Terveysalan mobiilisovellusten osalta Euroopan unionissa ei ole selkeitä ja sitovia sääntöjä siitä, onko jokin mobiilisovellus elämäntapa- ja hyvinvointisovellus vai lääkinnälliseksi laitteeksi verrattava terveyssovellus. Tämä aiheuttaa hämmennystä niiden käyttäjissä, ja he voivat toiminnallaan tuottaa vääriä johtopäätöksiä heidän terveydentilaan. Sovellusten turvallisuutta ja luotettavuutta osoittavat sertifiointijärjestelmät ja standardit ovat vielä valmisteilla Euroopan unionin tasalla, mutta sovelluksia luotettavasti arvioivia hakemistoja on jo olemassa. Yksi sellainen on Euroopan ensimmäinen terveyssovellusten hakemisto European Directory of Health Apps, missä potilasjärjestöt arvioivat ja suosittelevat niitä. Toinen terveyssovellusten hakemisto on Health Apps Library, joka on Yhdistyneen kuningaskunnan kansallisen terveysviranomaisen (NHS) ylläpitämä. [EU 2014.] Standardoimiselle ja sertifiointille olisi suuri tarve, koska kuka tahansa voi julkaista terveyssovelluksen ilman mitään perusteita sen toiminnasta. Suurin osa terveyssovelluksista ei perustu tutkimuksiin tai terveydenhoitoalan ammattilaisten ohjaukseen [Subhi ym. 2015].

Myös tietosuoja herättää huolta etenkin terveysalan mobiilisovelluksissa [Dehling ym. 2015]. Niiden keräämissä tiedoissa voi olla henkilötietojen ja paikkatietojen lisäksi myös arkaluontoisia potilastietoja, joiden päätyminen asiattomille tahoille loukkaa yksityisyyttä. Muita riskejä voi olla esimerkiksi terveystietojen päätyminen käyttäjän haluumatta vakuu-

tusyhtiölle tai työnantajalle. Terveystieteiden sovellusten mahdollistama valtavan tietomäärän kerääminen tutkimuskäyttöön, eli niin sanottu iso data, täytyy myös huomioida. Sen täytyy tapahtua anonymisti, ja sovellusten käyttäjien pitää pystyä vaikuttamaan sen keräämiseen. Tietosuojan varmistamiseksi erityisesti terveyssovellusten kehittäjien vastuuta painotetaan turvallisten ja luotettavien sovellusten julkaisemisessa. Myös sovellusten tuottamien tietojen käyttäjien vastuuta korostetaan. [EU 2014; Buttarelli 2015.]

3 Virtuaalisairaala 2.0 -hanke

Virtuaalisairaala 2.0 -hanke on Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin (HUS) koordinoima yhteistyöhanke, jonka osapuolina ovat Pirkanmaan sairaanhoitopiiri, Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri, Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri sekä Varsinais-Suomen sairaanhoitopiiri. Hanke toteutetaan vuosina 2016–2018 ja sen päämääränä on kehittää asiakaslähtöisiä digitaalisia terveystalveluita erityisesti erikoistason hoidon alalta kansalaisille, potilaille ja terveydenhuollon ammattilaisille. Päämäärä saavutetaan tuottamalla, suunnittelemalla ja implementoimalla kansallisia ja monikanavaisia digitaalisia palveluita, joita ovat muun muassa oma- ja etäseurantasovellukset sekä erilaiset informaatio-, hoito- ja seulontapalvelut (kuva 3). [Virtuaalisairaala 2016.]

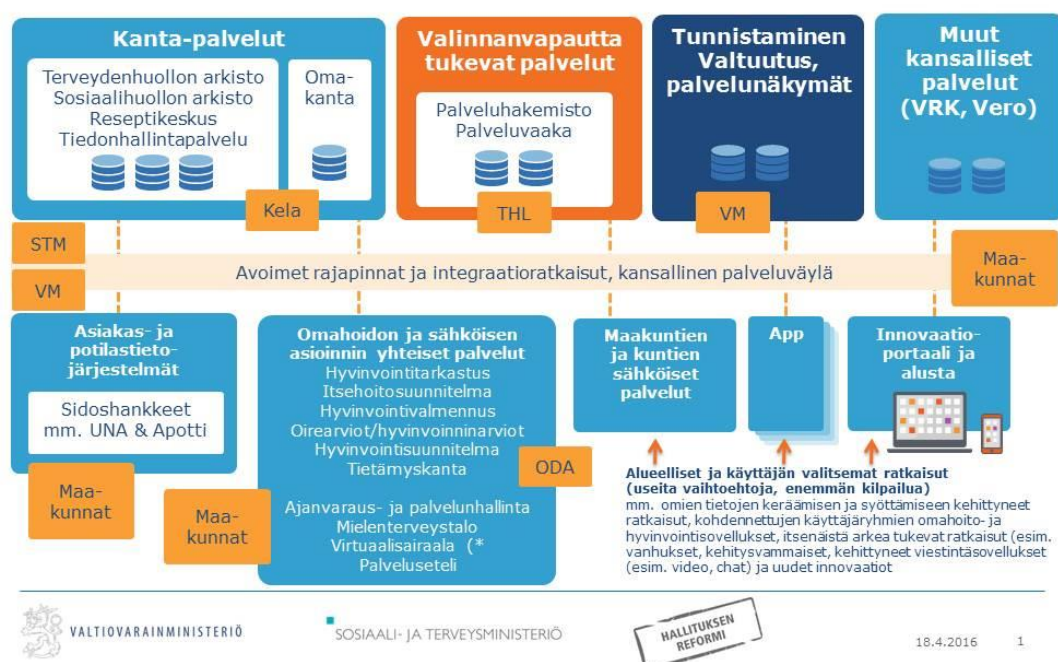


Kuva 3. Virtuaalisairaala 2.0 -hankkeessa kehitettävien digitaalisten palveluiden kohderyhmät sekä keskeisimmät palvelutasot [Virtuaalisairaala 2016].

Digitaalisten terveystalvelujen kehittämisessä on tavoitteena tarjota potilaslähtöistä, vaikuttavaa, kilpailukykyistä ja laadukasta hoitoa. Niillä voidaan täydentää olemassa olevia kasvokkain tapahtuvia terveydenhuoltopalveluita ja luoda myös kokonaan uusia palveluita. Digitaalisilla terveystalveluilla voidaan ohjata ja tukea kansalaista löytämään terveydenhuoltopalveluita oikeaan aikaan joko terveydenhuollon ammattilaisen luota, kotiin

tuotettuna etäpalveluna tai mobiiliin terveysteknologian avulla. Niiden avulla saadaan tehostettua hoitoprosesseja niin asiakkaan kuin ammattilaisen näkökulmasta sekä tuotua terveydenhuoltopalveluita kotiin ja työpaikalle asti. [Virtuaalisairaala 2016.]

Sosiaali- ja terveydenhuollon tietojärjestelmäratkaisut



Kuva 4. Tietojärjestelmäratkaisut sosiaali- ja terveyspalveluiden palvelurakenneuudistuksessa [STM 2016].

Hankkeen tuottamilla digitaalisilla terveyspalveluilla voidaan vastata myös tulevan sosiaali- ja terveyspalveluiden palvelurakenneuudistuksen tuomiin haasteisiin. Kolmen miljardin euron säästöjen lisäksi sosiaali- ja terveyspalveluista on tarkoitus tehdä asiakaslähtöisempiä, nykyaikaisempia ja kustannustehokkaampia palveluita, jotka sopivat yhteen paremmin. Palvelurakenneuudistus johtaa syrjäseuduilla pitkiin välimatkoihin erityisesti erikoissairaanhoidalojen osalta, joten palvelujen digitalisoinnista on hyötyä palvelujen tasa-arvoisuuden takaamisessa. Palvelurakenteen digitalisoinnissa Virtuaalisairaala-hanke on yksi kansallisesti merkittävimmistä kärkihankkeista ja sillä tuetaan myös maakuntia asiakaslähtöisten sosiaali- ja terveyspalveluiden järjestämisessä (kuva 4). [STM 2016.]

Terveyskylä-palvelukokonaisuus

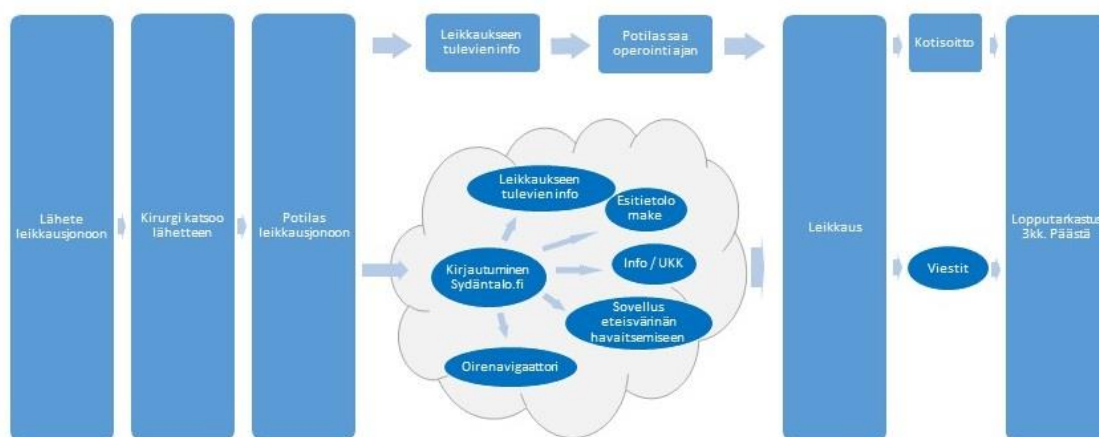
Virtuaalisairaala 2.0 -hankkeen näkyvin osa on Terveyskylä.fi-palvelu, joka on sairaanhoidon huippuasiantuntijoiden kehittämä ja ylläpitämä verkkopalvelu. Palvelun tarkoituksena on tarjota tietoa, neuvontaa, omahoitoa, oirenavigaattoreita, digitaalisia hoitopolkuja ja työkaluja kansalaisille, potilaille ja ammattilaisille. Terveyskylä-palvelukokonaisuus rakentuu useista erikoisalojen portaaleista, joita insinööriyön aikana oli seitsemän; Mielenterveystalo, Painonhallintatalo, Harvinaissairauksien talo, Naistalo, Kuntoutumistalo, Kivunhallintatalo ja Helsingin biopankki. Vuoden 2018 loppuun mennessä portaita pitäisi olla yli 20, joihin sisältyvät muun muassa Lasten-, Aivo- ja Sydäntalo. [Terveyskylä 2016.]

Terveyskylän digitaalisia terveyspalveluita suunnitellaan ja tuotetaan mobiilisovellusten osalta siten, että ne ovat geneerisesti soveltuvia mahdollisimman monelle potilasryhmälle. Sovelluksia on tarkoitus tuottaa asiakkaiden käyttöön ja palvelupolkuihin integroitaviksi hoitoon valmistautumisen, hoidollisten palveluiden, kotiuttamisen tai kuntouttamisen osalta. Esimerkiksi Painonhallintatalon terveyslaihutusvalmennukseen osallistujat saavat käyttöönsä ruokapäiväkirjasovelluksen, joka antaa ohjaavaa palautetta ja kerää tarpeelliset tiedot ammattilaisille ruokavalioanalyysia varten. Mobiilisovelluksia kehitetään myös terveydenhuollon ammattilaisille, joille niiden tarkoitus on sujuvoittaa työn tekoa, toimia kommunikointivälineenä, jakaa tietoa turvallisesti sekä olla osana sairaalan tietoinfrastruktuuria. [Virtuaalisairaala 2016; Terveyskylä 2016.]

Sydäntalo-projekti

Vuonna 2017 avautuvan Sydäntalon tavoitteena on sydänpotilaiden osalta lisätä hoidon vaikuttavuutta, sujuvoittaa hoitopolkuja ja tehostaa hoitoprosesseja. Se toteutetaan tukemalla sydänsiirto- ja vajaatoimintapotilaiden omahoitoa, parantamalla hoidon komplianssia sekä kehittämällä potilasseurannan portaita ja sovelluksia. Sydänsairauksien ennaltaehkäisyä edistetään esimerkiksi käyttämällä sovelluksia eteisvärinäpotilaiden varhaisessa tunnistamisessa ja oirearvioiden apuna. Sydäntalon tavoitteena on myös Sydän- ja keuhkokeskuksen erityisosaamisen esille tuominen ja sepelvaltimotaudin ehkäisy kansalaisten elämäntapoja muuttamalla. Näillä toimilla saadaan aikaan muun muassa kansantaloudellisesti suuria säästöjä ja tuotetaan sekä potilaille että kansalaisille

terveystietoa ja -hyötyä. Terveydenhuollon ammattilaisten kannalta uudet palvelut lisäävät joustavia ratkaisuja työn tekemiseen, sekä tuovat uutta mielekkyyttä työhön. [Sydäntalo 2016].

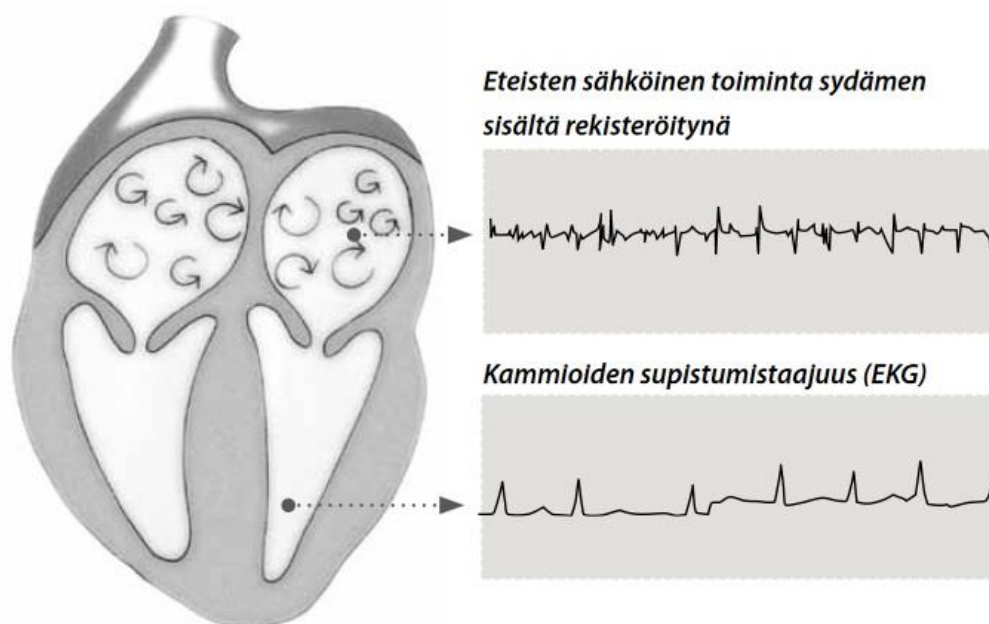


Kuva 5. Hahmotelma Sydäntalon digihoitopolun vaikutuksesta esimerkiksi mitraaliläppäleikkaukseen tulevan potilaan hoitopolkuun.

Kuvassa 5 on esitetty hahmotelma Sydäntalon digihoitopolun tuomasta lisästä sydänpotilaiden terveydenhuoltopalveluihin. Siinä potilas saa lähetteen esimerkiksi mitraaliläppäleikkausta varten nykyisen hoitopolun mukaisesti ja kirurgin katsottua lähetteen potilas pääsee leikkaukseen. Sen jälkeen potilaalla on mahdollisuus siirtyä digihoitopolulle kirjautumalla Sydäntalon portaaliin potilaiden osioon, missä hän saa digitaalisen sisällön käyttöönsä. Siihen sisältyvät esimerkiksi kattavat tietopaketit sairaudesta ja leikkaukseen tuloon valmistautumisesta sekä vastauksia useimmiten kysyttyihin kysymyksiin. Tiedon saannin lisäksi potilas voi arvioida oman terveydentilansa muuttumista oirenavigaattorilla, eli sairaanhoidon ammattilaisten kehittämällä verkkotyökalulla, tai mitata sydämensä rytmin säännöllisyyden sieltä saatavan mobiilin terveyssovelluksen avulla. Tehdyistä havainnoista ja mittauksista pystyy myös pitämään portaalissa päiväkirjaa, joka on tarvittaessa myös ammattilaisten nähtävillä. Siellä voi myös päivittää henkilötietonsa, täyttää hoidon esitietolomakkeen sähköisesti sekä tarkastella kalenterista esimerkiksi hoitoajanvarauksiaan ja omahoidon ajoituksia. Portaali voi toimia myös viestipalveluna potilaan ja sairaanhoidon ammattilaisten välillä ennen leikkausta ja leikkauksen jälkeen.

4 Eteisvärinä

Eteisvärinä, eli flimmeri, on tavallisin sydämen pitkäkestoinen rytmihäiriö, missä sydämen eteiset toimivat nopeasti ja epäsäännöllisesti. Rytmihäiriön aikana eteiset eivät pumpkaa lainkaan verta eteenpäin, ja kammiot supistelevat epäsäännöllisesti niiden välisten sähköimpulssien vaihtelevasta nopeudesta johtuen (kuva 6). [Sydänliitto 2011.]



Kuva 6. Eteisvärinän aikana sydämen eteiset toimivat nopeasti ja kammiot supistuvat epäsäännöllisesti [Sydänliitto 2011].

Eteisvärinä alkaa tyypillisesti keuhkolaskimoiden tyvialueelta lähtevistä lisälyönneistä. Sen alkaminen on usein satunnaista, mutta laukaisevana tekijänä voi olla liiallinen alkoholin käyttö, stressi tai fyysinen rasitus. Altistavia tekijöitä ovat sydän- ja verisuonisairaudet, geeniperimä ja kilpirauhasen liikatoiminta. Ilman altistavia tekijöitä, eli itsenäistä eteisvärinää, sairastavien osuus on enintään 20–30 prosenttia potilaista, ja he ovat yleensä muita nuorempia. Eteisvärinä liittyy vahvasti ikääntymiseen ja yli 50-vuotiaiden riski sairastua eteisvärinään kasvaa yli kaksinkertaiseksi jokaista kymmentä ikävuotta kohden. Miehillä riski on lähes kaksinkertainen naisiin verrattuna. [Sydänliitto 2011; Syväne 2016.]

Eteisvärinäkohtauksen aikana sydämen pumppausteho heikkenee hieman, mutta se ei välttämättä haittaa normaalia elämää sykkeen pysyessä alle 100 lyönnissä minuutissa.

Muut oireet ovat hyvin yksilöllisiä, usein lieviä ja joillekin niitä ei tule lainkaan. Siksi eteisvärinä todetaankin usein sattumalta muun syyn takia lääkärintarkastuksessa käydessä. Hoitamattomana ja pitkään jatkuneena se voi aiheuttaa sydämen vajaatoiminnan, eli takykardiamyopatian, jos kammiovaste on liian nopea. Vaarallisin eteisvärinän seuraus on aivoinfarkti, joka aiheutuu eteisvärinässä syntyneiden verihyytymien päätyemisestä aivo-verisuoniin. Pahimmillaan se onkin ensimmäinen tunnistettu oire ja merkki eteisvärinästä. Joka viides aivoinfarkti liittyy eteisvärinän aiheuttamaan hyytymään, ja usein ne ovat vaikeampia kuin muiden syiden aiheuttamat aivoinfarktit. [Sydänliitto 2011; Syväne 2016.]

Asianmukaisesti hoidettuna eteisvärinä ei merkittävästi lisää kuolleisuutta ja sen kanssa pystyy elämään yleensä normaalia elämää. Tuoreen, alle kaksi vuorokautta kestäneen, eteisvärinäkohtauksen tapauksessa rytminsiirtoa voi alkaa valmistelemään heti. Vanhemman tai epäluotettavan arvion kohdalla rytminsiirtoa ei voida tehdä heti, koska se voi aiheuttaa eteiseen muodostuneen hyytymän liikkeellelähdön. Tässä tapauksessa vaaditaan lisätutkimuksena esimerkiksi sydämen ultraäänitutkimusta ruokatorven kautta. Rytminsiirron voi tehdä joko sähköisesti tai lääkkeiden avulla ja yleensä tuore eteisvärinä pyritään palauttamaan normaaliksi ainakin kerran. Yleensä rytmi palautuuikin normaaliksi, mutta eteisvärinällä on taipumus uusiutua. [Sydänliitto 2011; Syväne 2016.]

Eteisvärinän uusiutumista voidaan yrittää estää rytmihäiriölääkkeillä, mutta ne eivät ole kovin tehokkaita siinä. Kohtausittainen eteisvärinä muuttuukin useimmiten vuosien kuluessa pysyväksi ja sen takia vanhojen ihmisten rauhallista eteisvärinää ei aina edes yritetä kääntää normaaliksi rytmiksi. Tällöin hoitomuotona on sykkeenhallinta, missä syke pidetään miellyttävällä alueella lääkkeiden avulla. Pysyvään eteisvärinätaipumuksen paranemiseen voi päästä kajoavilla hoitomenetelmillä, mutta ne eivät sovi kaikille ja vaativat luultavasti edelleen rytmihäiriön estolääkitystä. Hoidon aloittamisen jälkeen eteisvärinä edellyttää säännöllistä seuranta. Seurantakäynneillä tutkitaan potilaan EKG, otetaan mahdollisesti verikokeita, kartoitetaan oireita ja arvioidaan hoidon tehoa. [Sydänliitto 2011; Syväne 2016.]

5 Sovelluksen määrittely ja vaatimukset

Sovelluksen määrittely

Insinööritoiminnan tavoite Sydäntalo-projektin alkuvaiheessa oli selvittää sopivia mobiilisovelluksia ensisijaisesti eteisvärinän havaitsemiseen ja seurantaan. Tavoite oli, että ihmiset pystyisivät sen avulla itse toimenpiteisiin kotonaan säästäen sekä henkilökohtaisia että yhteiskunnan resursseja. Sopivien mobiilisovellusten määrittely alkoi siitä, miten se voisi täyttää päätehtävänsä eli havaita eteisvärinän. Ensimmäisenä täytyi määrittää, miten eteisvärinä oireilee, toisena, millä sitä voi mitata, ja kolmantena, miten se voidaan todeta.

Ihmisen terveys- ja vireystila vaikuttaa eteisvärinän oireiluun, ja ne voivat olla vaihtelevia, epämääräisiä tai puuttua kokonaan. Tyypillisimpiä oireita ovat:

- sydämen palpitaatio, eli sydämen tykytys, joka ilmenee epäsäännöllisenä ja nopeana pulssina
- väsymys ja suorituskyvyn heikkeneminen
- huimaus, rintakipu, hengenahdistus ja runsasvirtsaisuus. [Käypähoito 2015.]

Näistä oireista käytännössä ainoa teknisesti mitattavissa oleva oire on sydämen palpitaatio, jota voidaan mitata sydämen toiminnasta. Muut oireet ovat tuntemuksia, joiden mittaaminen mobiilisovelluksilla tuskin on hyödyllistä. Sen sijaan niistä voi pitää mobiilisovellusten avulla päiväkirjaa esimerkiksi eteisvärinän seurantahoidon aikana tai käyttää oireiden diagnosoinnin apuna kyselyä tai tietopakettia. Sydämen toiminta on mitattavissa joko sykkeestä, eli sydämen lyöntien määrästä minuutissa, tai pulssista, mikä on sydämen supistelun aiheuttamaa veren virtauksen mekaanista sykintää verisuonissa. Epäsäännöllisyys jommassakummassa tai molemmissa antaa aiheutta epäillä eteisvärinää.

Sykkeen mittaaminen onnistuu esimerkiksi sydänsähkökäyrästä eli elektrokardiogrammista (EKG tai ECG) erillisillä EKG-laitteilla tai erilaisilla sykemittareilla. Sairaalakäyttöön tarkoitetuissa EKG-laitteissa on 12 elektrodikanavaa, joista kuusi mittaa sähköimpulsseja rinnasta ja kuusi raajoista. Eri puolille kehoa sijoitetut elektrodit rekisteröivät sydämen toimintaa tarkasti ja piirtävät käyrän, joka kuvaa sydämen toimintaa. Eteisvärinän voi havaita EKG-käyrästä sykkeen epäsäännöllisyyden ja eteisaaltoa kuvaavan P-aallon

puuttumisen takia kuten kuvassa 7 [Käypähoito 2015]. Urheilukäyttöön tarkoitettujen sykemittareiden lähetinosassa on yleensä yhdestä kolmeen elektrodi, ja se tuottaa sykemittarin vastaanottimeen sydämen sykkeen yleensä vain numeerisessa muodossa, mistä ei voi käytännössä havaita eteisvärinää. Edistyneemmissä versioissa näytetään myös sydänsähkökäyrä, mutta insinööriyön aikana eteisvärinästä tai muista sydämen rytmihäiriöistä ilmoittavia laitteita ei ollut markkinoilla.



Kuva 7. EKG-käyrät, joista ylempi on mitattu eteisvärinän aikaan ja alempi normaalissa sinusrytmissä. Nuolet osoittavat P-aallon paikkaa, mikä puuttuu eteisvärinän aikana. [Wikipedia 2016].

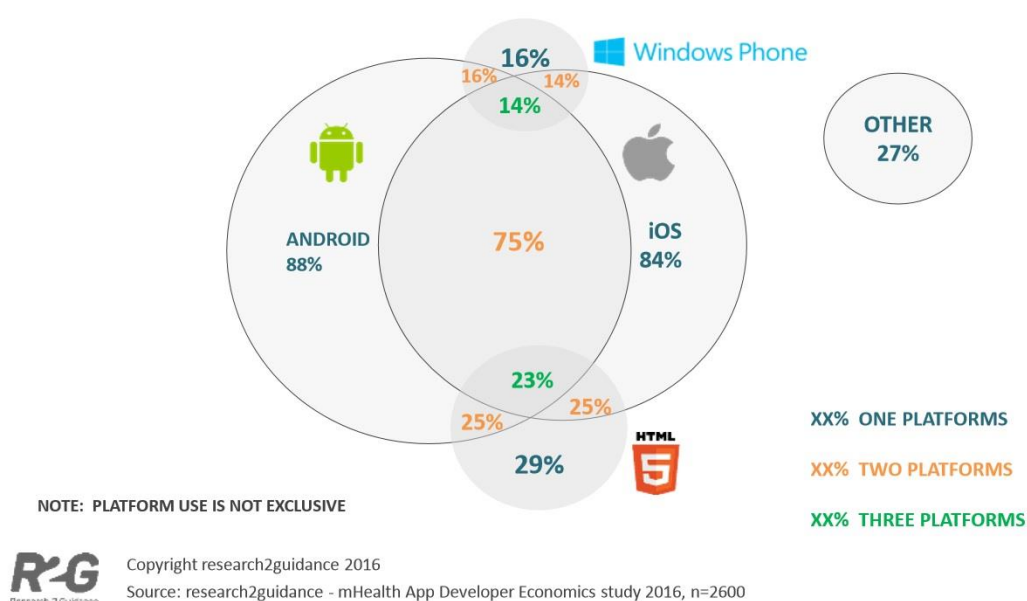
Pulssia voidaan mitata esimerkiksi sormilla ranteesta tunnustelemalla tai optisesti veren virtauksen volyymin suonissa käyttäen fotopletysmografiaa (PPG). Tähän tarkoitettuista laitteista tunnetuin on pulssioksimetri, jota käytetään veren happikylläisyyden ja pulssin reaaliaikaiseen mittaamiseen. Se laitetaan potilaan sormenpäähän, missä sen valonlähde suuntaa valonsäteen ihoon. Sormen toisella puolella oleva anturi mittaa muutoksen valon kulkemisessa sormen läpi, josta se pystyy havaitsemaan sydämenlyöntien aikana tapahtuvan valon määrän pienenemisen. [Wikipedia 2016.]

Sydämen toiminnan mittaamisen jälkeen eteisvärinä on melko helppo havaita mittaustuloksista jälkikäteen tai mittauksen aikana, jos eteisvärinäkohtaus on käynnissä. Eteisvärinän voi kuitenkin sekoittaa muihin eteisperäisiin rytmihäiriöihin, kuten eteislepatukseen tai supraventikulaariseen takykardiaan. Siksi eteisvärinän diagnoosi onkin varmistettava aina lääkärin toimesta 12-kytkentäisellä EKG:lla tai pitkäaikaisrekisteröimisellä. Tarpeen vaatiessa potilaalle voidaan tehdä vielä lisätutkimuksia, kuten sydämen kaikututkimus, thoraxröntgenkuva tai elektrofysiologinen tutkimus. [Käypähoito 2015.]

Sovelluksen vaatimukset

Tärkeimpänä vaatimuksena sovelluksen piti toiminnallisesti kyetä mittaamaan sydämen rytmiä ja tuottamaan siitä analyysi, josta eteiväriinä voidaan havaita. Käytännössä tavoitetilana oli eteiväriinän havaitseminen automaattisesti sovelluksella, mikä vähentäisi tulkinnanvaraisten mittausten määrää ja toisi käyttäjillekin varmuutta omatoimiseen sovelluksen käyttämiseen.

For which mobile platforms do you develop your mHealth apps?



Kuva 8. mHealth-sovelluskehittäjien kehitysalustojen osuudet mobiilikäyttöjärjestelmissä [Research2guidance 2016].

Sovelluksen potentiaalisesti laajan käyttäjäpohjan takia oli tärkeää, että sovellus toimisi valtaosassa älylaitteita. Tämän takia vähintään Android- ja iOS-käyttöjärjestelmissä toimiminen oli toivottua niiden ollessa suurimmassa osassa älylaitteita jo nyt ja niiden osuuden kasvaessa myös jatkossa [Statcounter 2016; DNA 2016; Elisa 2016; Sonera 2016]. Myös mHealth-sovelluskehittäjien keskittyminen vahvasti Android- ja iOS-käyttöjärjestelmiin kuvan 8 mukaisesti, tukee näiden käyttöjärjestelmien valitsemista vähimmäisvaatimukseksi.

Vuonna 2015 julkaistun tilaston mukaan älypuhelin oli käytössä 55–64-vuotiaista 60 %:lla, 65–74-vuotiaista 36 %:lla ja 75–89-vuotiaista 10 %:lla suomalaisista [Tilastokeskus 2015]. Tablettien tai muiden älylaitteiden osalta kotimaisia tilastoja ei ollut saatavilla, mutta vertailukohtana yhdysvaltalaisilla tabletteja oli 50–64-vuotiaiden ikäryhmässä 37 %:lla ja yli 65-vuotiailla 32 %:lla [Anderson 2015]. Vaikka Suomessa tabletit tuskin ovat yhtä yleisiä, niin älylaitteet ja varsinkin älypuhelimet yleistynevät jatkossa myös vanhemmilla ikäluokilla. Sovelluksen tärkeimmän käyttäjäkohderyhmän ollessa enimmäkseen 60 vuotta täyttäneitä, mobiilisovelluksilla on mahdollisuudet saavuttaa heidät kohtuullisella tasolla jo nykyään. Laitekannan iästä ei tosin ollut saatavilla tietoa, joten paljon suorituskykyä tai uusia teknisiä ominaisuuksia vaativilla sovelluksilla voi olla pienempi käyttäjäryhmä.

Käyttäjäryhmä ja käyttötarkoitus muodostivat vaatimuksen myös sovelluksen helppokäyttöisyydelle. Sovelluksen rakenne ja ulkoasu täytyi olla selkeä, yksinkertainen, helposti hahmoteltavissa, sivulta toiselle periytyvä sekä tarkennettavissa. Myös toimintojen piti olla käytettävissä mahdollisimman vähillä painalluksilla, yhdellä kädellä, kirjoittaminen minimoiden sekä ilman laitteen ravistelua tai kallistelua. [HUS 2014.]

Myös sovelluksen tietosuojalle oli olemassa vaatimukset [HUS 2014], mutta niitä ei sisällytetty insinööritoimintaan. Yleisesti ottaen luotettavan kehittäjän sovellus tuskin itsessään tuottaa tietoturva- tai tietosuojaoingelmia, muutoin kuin käyttäjän tai muun ulkopuolisen tahon toimesta. Sovelluskartoituksessa mainittujen sovellusten osalta nousi kuitenkin esiin niiden tuottamien PDF-raporttien tallennus ja lähetys salaamattomana. Jos julkinen terveydenhuoltopalvelu päätyy tarjoamaan jotakin sovellusta käytettäväksi, olisi käyttäjää samalla syytä opastaa tietosuoja-asioissa ja selvittää käyttäjälle, mitä dataa sovellus tuottaa, missä muodossa se sitä tuottaa ja minne se tallentuu tai lähetetään.

Potilastietojärjestelmiin tai digihoitopolkuun liitettäessä sovelluksen tiedonsiirtorajapinnan määrittely tulee ottaa myös huomioon. Edellä mainittujen PDF- tai kuvatiedostomuotoisten raporttien lähetys tietokantapalvelimelle on teknisesti helppoa, mutta niiden eheyden, luottamuksellisuuden ja käytettävyyden täytyy olla jollain tavoin varmistettu. Se voisi olla toteutettavissa esimerkiksi salauksella, digitaalisella allekirjoituksella, tarkistussummilla ja käyttäjän todentamisella. Ennen laajaa käyttöönottoa sovelluksella täytyy olla myös kehittäjän puolesta laadun- ja riskienhallintajärjestelmät tietoturva- ja ohjelmistopäivitysten jatkuvuuden osalta.

6 Sovelluskartoitus

Selvitystyöni ajoittuessa pitkäkestoisen projektin alkukartoitusvaiheeseen siihen oli järkevää ottaa mukaan myös julkaisemattomat tai osittain julkaistut sovellusvaihtoehdot. Tähän vaikutti myös mobiilin terveysteknologian nopea kehittyminen varsinkin eteisvärinän havainnoinnin alueella. Tärkeimpänä kriteerinä niiden valitsemiseen olivat tietenkin aiemmin esitettyjen vaatimusten ja määrittelyjen täyttymisen lisäksi myös se, että niistä löytyi vähintään luotettavaa taustatietoa, luotettava kehittäjä tai parhaimmillaan tutkimustietoa. Sovellukset on seuraavassa ryhmitelty sen käyttämän tekniikan ja käytettyjen lisälaitteiden perusteella. Insinööriytyössäni kokeilin niistä kahta erilaisilla menetelmillä mitattavaa BeatScanner- ja Preventicus Heartbeats -sovellusta.

6.1 Älylaitteen kiihtyvyyssanturi ja gyroskooppi

Lähes kaikissa uusissa älylaitteissa ja muutaman vuoden vanhoissa älypuhelimissa on kiihtyvyyssanturi ja gyroskooppi. Niitä voi käyttää sydämen toiminnan seuraamiseen seismokardiografian (SCG) avulla, mikä mittaa hengityksen ja sydänlihaksen liikkeiden aiheuttamia kiihtyvyyksiä. Nämä värähtelyt mitataan rinnan päältä ja mittadata suodattamalla sekä analysoimalla saadaan siitä esille sydämen rytmi ja syke.

6.1.1 BeatScanner

BeatScanner on julkaistu kesäkuussa 2016, joten se on insinööriytyössäni mainituista sovelluksista uusimpia. Sen kehittäjä on RemoteA-konserni, joka toimii Suomen markkinoilla tytäryhtiönsä Remote Analysis Oy:n kautta. Se on lääketieteellisiin etäanalyysiin erikoistunut yritys ja se on tuottanut pitkään analysointipalveluja terveydenhuollon eri yksiköille. [Remote Analysis 2016.]

BeatScanner-sovelluksen toiminta perustuu värähdysten havaitsemiseen älylaitteen sisäisillä kiihtyvyyssanturilla ja gyroskoopilla. Sensoreiden tuottama mittadata lähetetään analysoitavaksi pilvipalvelimeen, joka suorittaa tarvittavat algoritmit. Tulokset palautuvat takaisin älylaitteelle, joka esittää ne muutamalla eri tavalla. Sovellusta mainostetaan erityisesti sydämen rytmin havainnointia varten, mutta se sopii myös isojen eläinten sydämien sekä koneiden tai moottoreiden rytmianalytiikkaan. [BeatScanner 2016.]

Insinööriyön aikana BeatScanner oli saatavilla englanninkielisenä sekä Applen App Storesta että Googlen Play Storesta, versionumeron ollessa 1.2.0. Applen sovellusversiossa minimivaatimukset olivat käyttöjärjestelmän osalta iOS 8.0, mikä laitteen osalta tarkoittaa iPhone 4S -älypuhelinta tai uudempaa, iPod Touch -älylaitteen 5. sukupolvea tai Ipad-tabletin 3. sukupolvea. Älypuhelinien saralla vuonna 2011 julkistettu iPhone 4S onkin ensimmäisiä, joissa gyroskooppi ja kiihtyvyysanturi olivat. Android-käyttöjärjestelmän puolella minimivaatimuksena oli versio 4.1, joka on julkaistu kesäkuussa 2012. Sopiviin Android-käyttöjärjestelmän laitteisiin on vaikeampi ottaa kantaa niiden monimuotoisuuden takia. Play Storessa olikin sovelluksen lisätiedoissa huomautus, että laitteessa on oltava sisäänrakennettuna kiihtyvyysanturi ja gyroskooppi. Esimerkkinä sopivista laitteista oli annettu Samsung Galaxyn S6- ja S7-mallit, joista vanhempi on julkaistu vuonna 2015. Näistä minimivaatimuksista pystyi päättämään yleisellä tasolla, että tämän ryhmän sovellukset eivät toimi ainakaan vanhimmissa Android-laitteissa. Molemmissa käyttöjärjestelmissä sovelluksen sisäisenä ostoksena tehtävä analytiikkapalvelu maksoi vuodeksi 9,99 €.



Kuva 9. BeatScanner-sovelluksen ohjesivut.

Sovelluksen käyttäminen oli tehty helpoksi, koska sen käynnistyessä ensimmäisenä tulivat näkyviin kuvassa 9 näkyvät ohjesivut, missä opastettiin, miten sovellusta tulisi käyttää. Käyttäjän tuli olla puoli-istuvassa asennossa tai makuuasennossa ja sen jälkeen älylaite piti asettaa tukevasti rintakehän yläosalle. Käynnistys-painikkeen painamisen jälkeen käyttäjän oli oltava liikkumatta ja puhumatta 15–120 sekuntia, jonka jälkeen mittauksen pystyi joko lopettamaan tai se loppui itsestään kahden minuutin kuluttua. Mittauksen loppumisen jälkeen sovellus antoi tuloksen rytmin epäsäännöllisyyden määrästä yksinkertaisella värimittarilla (kuva 10).



Kuva 10. BeatScanner-sovelluksen tuottaman analyysin esitysmuodot.

Kuvassa 10 näkyy myös sovelluksen esittämät kuvaajat sydämen sykkeestä lyöntien tarkkuudella, sykevälivaihtelut ryhmiteltynä ja mittauksen tuottama signaali. Sovellus ei selittänyt kuvaajia ollenkaan paikallisesti vaan ainoastaan hyperlinkin kautta avautuvassa sivustossa. Siellä epäsäännöllisyysmittarin osoittamaa punaista ja keltaista tulosta opastettiin tulkitsemaan signaalin kuvaajan avulla joko huonoksi mittaukseksi tai mahdolliseksi eteisvärinäksi. Näiden lisäksi myös vihreän tuloksen kohdalla sivustolla opastettiin ottamaan yhteyttä terveydenhoidon ammattilaisiin, mikäli epäilee epäsäännöllisyyksiä rytmissä. Sovelluksen tuottamat analyysit pystyi jakamaan sovelluksesta sähköpostilla yhtenä koottuna PNG-kuvatiedostona. Kuvan tarkkuus oli 2400 x 3284 pikseliä, joten sitä pystyi tarkastelemaan hyvin yksityiskohtaisesti.

6.1.2 Turun yliopiston projekti

Turun yliopistollisen keskussairaalan Sydänkeskuksen kanssa tiiviissä yhteistyössä toimivat Turun yliopiston tutkijat ovat kehittäneet gyroskooppia ja kiihtyvyysanturia käyttävää älypuhelinsovellusta, joka keskittyy nimenomaan eteisvärinän havaitsemiseen. Tutkimuksen tulokset julkaistiin elokuussa 2016, ja itse sovellus on tarkoitus julkaista vuonna 2017. Tutkimuksessa sovellusta käytettiin samalla periaatteella kuin edellä esiteltyä BeatScanner-sovellusta, eli se mittasi antureilla sydämen toimintaa rinnan päältä. Sen jälkeen sovellus esikäsitteli mittadataa signaalinkäsittelyllä ja analysoi sitä muun

muassa autokorreloinnin ja spektraalientropian keinoin. Sovellus lähetti analyysit erilliselle tietokoneelle, missä koneoppimisalgoritmi päätteli oliko henkilöllä eteisvärinä.

Tarkoituksena on, että valmiissa sovelluksessa algoritmi toimii paikallisesti älylaitteessa tuottaen helposti tulkittavan kyllä tai ei -vastauksen kysymykseen, onko henkilöllä eteisvärinäkohtaus menossa. Suunnitelmissa on myös, että pilvipalvelun avulla sovelluksen tuottamaa dataa voidaan tallentaa ja analysoida suuremmissa määrin. Tutkimuksessa sovellus onnistui tunnistamaan eteisvärinän yli 95 %:n varmuudella tutkituilta henkilöiltä, joista 16 oli eteisvärinäpotilasta ja 20 tervettä ihmistä. [Phend 2016; JM 2016.] Tutkimuksen hyvien tuloksien ja BeatScanner-sovelluksen antaman viitteellisen näytön perusteella Turun yliopiston sovellus on lupaava Sydäntalon tarpeet huomioiden. Julkaisussa on myös mainittu, että sovellus tulee sekä Android- että Apple-laitteille [Phend 2016]. Tarkempaa tietoa laitteiston vaatimuksista ei ollut saatavilla, mutta laiteteknisesti ne ovat luultavasti hyvin lähellä BeatScanner-sovelluksen vastaavia.

6.2 Älylaitteen kamera ja led-valo

Sydämen sykkeen mittaaminen optisesti perustuu fotopletysmografiaan (PPG), joka mittaa volyymien muutoksia optisesti. Älylaitteen kameraa ja led-valoa käyttäen sen avulla voidaan havaita muutoksia verenkierrossa sydämen sykkimisen laajentaessa laskimoita ja hiussuonia ihonalaisissa kudoksissa. Yleisin toimintaperiaate PPG:tä hyödyntävissä mobiilisovelluksissa on samanlainen kuin esimerkiksi sairaalakäytössä olevissa pulssioksimetreissä: älylaitteen led-valo toimii valonlähteenä ja sen kamera toimii valon havaittajana. Älylaite käyttää melko yksinkertaista algoritmia valomäärän muutosten ja niiden välisen ajan havainnointiin, josta sydämen syke saadaan laskettua.

Koska toimintaperiaate PPG:aa hyödyntävissä sovelluksissa on melko yksinkertainen, ja internetistä on saatavilla valmiita ja avoimia koodeja sovelluksen kehittämiseksi, oli niitä huomattavan paljon tarjolla. Tällä tekniikalla toimivista sovelluksista kuitenkin vain yksi, Preventicus Heartbeats, täytti projektin vaatimukset. Cardiio Rhytm oli toinen julkisesti tarjolla oleva sovellus, josta löytyi tutkimustietoa. Se on kuitenkin tutkimuksen jälkeen nimetty Cardioksi ja siihen on tehty runsaasti muutoksia. Lisäksi ainoastaan tutkimuksissa mainittu ja ilmeisesti kehitysvaiheessa oleva sovellus oli nimeltään PulseSmart, ja se oli tarkastelussa vain sen tutkimustiedon vuoksi.

6.2.1 Pulse-Smart

Pulse-Smart-sovelluksesta vuonna 2015 suoritetuissa tutkimuksissa [McManus ym. 2016] kohderyhmän koko oli yhteensä noin 120 henkilöä. Tutkimuksessa seulottiin kohderyhmältä eteisvärinää hyvällä 95,1 %:n tarkkuudella. Pulse-Smart-sovellusta käytettiin tutkimustilanteessa iPhone 4S -älypuhelimessa ja mittaus tapahtui siten, että henkilö piti oikean kätensä etu- tai keskisormea kameran ja valon päällä kahden minuutin ajan. Tämän aikana nauhoitettiin videota 640 x 480 pikselin tarkkuudella kuvataajuuden ollessa 30 kuvaa sekunnissa. Vihreän värin spektrissä havaitusta voimakkuuden keskiarvosta eritellyt arvot analysoitiin algoritmillä ja sydämen sykähdyksen välinen rytmi pystyttiin määrittämään. Sovelluksen käyttämä algoritmi sisälsi myös muun muassa liikkeestä aiheutuvan häiriön korjauksen, suodattimet satunnaisille arvoille sekä loogista päättelykykyä. Siltikin sovelluksen algoritmin käyttämä prosessointiaika yhdelle mittaukselle oli vain noin 40 millisekuntia. [McManus ym. 2016: 53.] Tutkimuksesta voikin päätellä, että älylaitteen kameran laatu tai prosessorin nopeus ei muodosta estettä tämän tyylisten sovellusten käyttämiselle vanhoillakaan laitteilla. Tutkimuksessa todettiin myös, että sovelluksen käyttö oli kohderyhmästä 63 %:n mielestä helppoa tai melko helppoa. Ainoaksi haasteeksi siinä todettiin mittauksen tekeminen muualla kuin standardoidussa ympäristössä, koska mittaukselle voi vaikuttaa mittausympäristön taustavalo, ihon ja ympäristön lämpötila sekä mitattavan henkilön ihonväri. [McManus ym. 2016: 55–56.] Insinööritöiden aikana Pulse-Smart-sovellusta ei ollut saatavilla ainakaan julkisesti.

6.2.2 Cardiio Rhythm

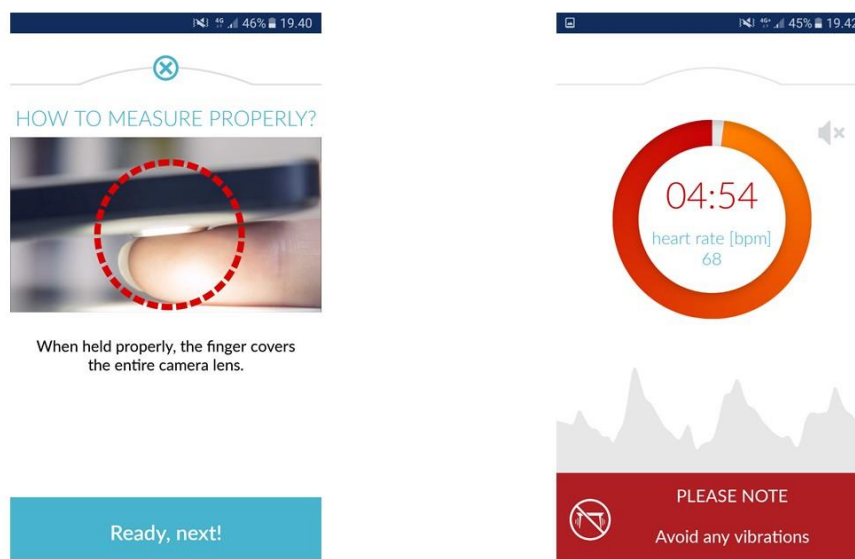
Heinäkuussa 2016 julkaistussa tutkimuksessa [Chan ym. 2016] tutkittiin, pystyykö iPhone 4S -älypuhelimessa käytetyllä Cardiio Rhythm -sovelluksella seulomaan eteisvärinää. Mittaus tapahtui valvotusti, ja se tuotti hyviä tuloksia löytäen yli tuhannen henkilön kohderyhmästä eteisvärinän 92,9 %:n tarkkuudella. Sovellus luokitteli henkilöllä olevan eteisvärinää, jos kaksi kolmesta noin 17 sekunnin pituisesta mittauksesta oli epäsäännöllisiä. Loppupäätelmänä tutkimuksessa oli, että siitä ei ole standardin EKG-laitteen korvaajaksi, mutta sopii hyvin eteisvärinän massaseulontaan riittävän tarkkuuden, edullisuuden ja saatavuuden takia. Insinööritöiden aikana Cardiio Rhythm oli saatavilla Cardiio nimisenä sovelluksena Applen App Storesta. Sovellukseen oli lisätty myös remote PPG (rPPG) -ominaisuus, joka mittaa muun muassa sydämen sykettä videokuvasta noin 15

senttimetrin etäisyydeltä kasvoista. Sovelluksen uudesta versiosta tai rPPG-toiminnosta ei kuitenkaan ollut mitään tutkimustietoa saatavilla.

6.2.3 Preventicus Heartbeats

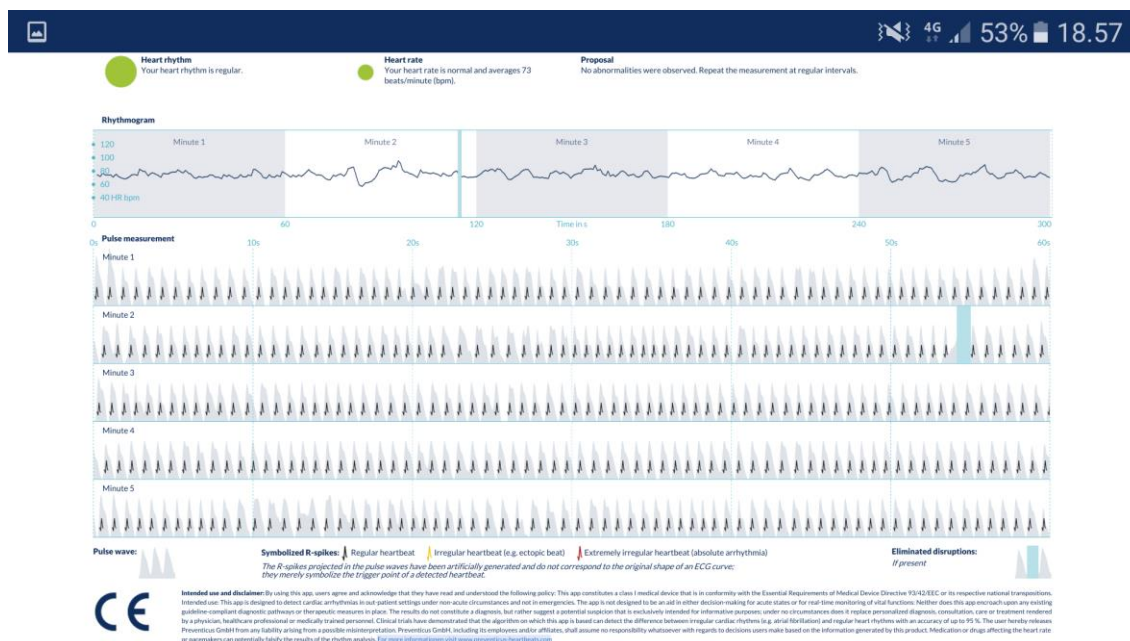
Preventicus Heartbeats -sovellus on luokiteltu terveydenhuollon laitteeksi (I-luokka), ja se on ensimmäinen sydämen rytmin analysointiin lääketieteellisesti hyväksytty mobiili-sovellus. Heinäkuussa 2016 julkaistussa kliinisessä tutkimuksessa sovelluksen esiversiota käytettiin iPhone 4S -älypuhelimessa tarkoituksena erottaa 80 henkilön koeryhmästä eteisvärinästä kärsivät henkilöt. Sovelluksen käyttämää algoritmia ja tilastomenetelmää verrattiin aiemmin esiteltyyn Pulse-Smart-sovelluksen käyttämiin ja todettiin Preventicus Heartbeats -sovelluksen olevan tarkempi 95 %:n osuvuudellaan. Tutkimus toteutettiin aiemmin esiteltyjen tutkimusten kanssa mittausteknisesti samalla lailla ainoastaan sillä erolla, että mittausaika oli kahden minuutin sijaan viisi minuuttia. Tutkimuksessa todettiin, että nämä ihanteellisissa ja valvotuissa ympäristöissä saadut tulokset ovat parempia kuin mitä todellisuudessa saadaan. Sen mukaan älykellot tai -rannekkeet ovat seuraava looginen kehitysvaihe, koska vastaavanlaisten sovellusten käyttö älypuhelimissa ei ole tarpeeksi kätevää varsinkaan vanhoille ihmisille. [Krivoshei ym. 2016.]

Insinööriyön aikana Preventicus Heartbeats oli versionumeroltaan 1.2, ja se oli saatavilla sekä Googlen Play Storesta että Applen App Storesta englanninkielisenä. Android-laitteiden osalta käyttöjärjestelmän täytyi olla versioltaan 4.4 tai uudempi ja Apple-laitteiden käyttöjärjestelmän versioltaan 9.3 tai uudempi. Se tarkoittaa, että laitteet voivat olla viisikin vuotta vanhoja, eikä muita laitevaatimuksia ollut mainittu. Sovellukset olivat ilmaisia, mutta niihin kuului vain pikamittaus. Täysipituisen mittauksen ja sen analyysin aktivointi vuodeksi maksoi 24,99 €.



Kuva 11. Preventicus Heartbeats -sovellus ohjeisti käyttöä ennen mittausta ja mittauksen aikana.

Käyttöehtojen hyväksymisen jälkeen sovellus kysyi käyttäjän syntymävuoden ja sukupuolen, joka ilmeisesti vaikutti algoritmiin. Tämän jälkeen sovellus opasti valmistautumaan mittaamiseen irrottamalla kännykästä mahdollinen kuori ja laturi sekä asettamalla oikea käsivarsi rentoon asentoon pöydälle. Mittaus suoritettiin laittamalla kameran linsiosa pikkusormen kärjen uloimman osan päälle siten, että led-valo ei peittynyt (kuva 11). Mittausnäytön pientä asetusnäyttöä apuna käyttäen signaalin oikeanlainen kuvio muodostui, jonka jälkeen mittauksen pystyi aloittamaan käynnistys-painiketta painamalla. Mittaus kesti muutaman sekunnin mittaisen kalibroinnin jälkeen viisi minuuttia ja sen aikana sovellus opasti olemaan rentona, liikkumatta ja puhumatta (kuva 11). Jos sovellus ei saanut mittadataa pariin sekuntiin esimerkiksi käden tai laitteen liikkumisen takia, se keskeytti mittauksen ja mittaus oli aloitettava alusta tämän jälkeen. Viiden minuutin mittauksen vaihtoehtona oli myös yhden minuutin pituinen pikamittaus, joka antoi tuloksen vain liikennevalo-muodossa.



Kuva 12. Preventicus Heartbeats -sovelluksen antama raportti.

Mittauksen jälkeen sovellus antoi ensin rytmianalyysin yksinkertaisessa liikennevalo-muodossa, missä vihreä tarkoitti normaalia rytmiä, keltainen epänormaalia rytmiä ja punainen epäiltyä eteisvärinää. Tämän jälkeen sovellus antoi lisätietoa värin tarkoituksesta, sydämen sykkeestä ja toimenpide-ehdotuksen, joka näkyy kuvan 12 yläosassa. Mittaustuloksen rytmi- ja analyysikaavio näkyivät varsinaisessa raportissa (kuva 12). Raportin pystyi tallentamaan ja lähettämään pdf-muodossa suoraan sovelluksesta joko sähköpostilla tai muilla laitteeseen asennetuilla viestiohjelmilla. Ennen lähetystä sovellus kehotti suojaamaan raportin jollakin kolmannen osapuolen tuotteella.

6.3 Erillinen lisälaitte

Eteisvärinän ja muiden sydämen rytmihäiriöiden pitkäaikaisseurannan suorittaminen älypuhelimella omilla sensoreilla voi olla käyttäjän kannalta hankalaa, joten sitä varten erilliset sensorit voisivat olla siihen parempi ratkaisu. Markkinoilla olevien mobiilisovellusten ja erillisten lisälaitteiden yhdistelmien määrä oli huomattavasti pienempi kuin pelkkiä älylaitteiden omia sensoreita käyttävien mobiilisovellusten. Niistä löytyvä tausta- ja tutkimustieto rajasi ne entisestään seuraaviin kolmeen.

6.3.1 Kardia Mobile

AliveCor-nimellä paremmin tunnettu, nykyinen Kardia Mobile, on ensimmäinen mobiili-sovellus, jonka algoritmin Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkevirasto (FDA) on hyväksynyt eteisvärinän havaitsemiseen. Hyväksynnän myötä Kardia Mobile on saavuttanut hyvin jalansijaa terveysalan mobiilisovellusten markkinoilla. Siitä syystä se on ollut monessa tutkimuksessa vertailun kohteena muille sovelluksille [Chan ym. 2016; Tarakji ym. 2015; Lau ym. 2013].

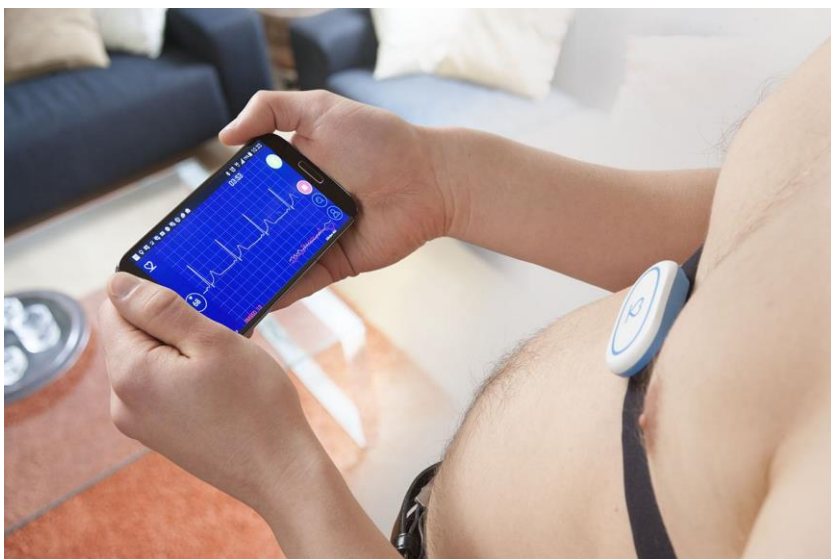


Kuva 13. Kardia Mobile -sovellus ja sen yksikanavainen EKG-laite [AliveCor 2016].

Kardia Mobile toimii siten, että sen irrallinen yksikanavainen EKG-laite tuottaa mittadataa älylaitteeseen asennettavalle sovellukselle (kuva 13). Lähetys tapahtuu langattomasti älylaitteen mikrofoniin ultraäänien alueella ja tästä syystä laitteiden välinen etäisyys saa olla enintään noin 30 cm. Ultraäänien käyttö siirtomediana Bluetooth-tekniikan sijaan säästää laitteiden akkua ja paristoa sekä mahdollistaa mittadatan tarkemman resoluution. Eteisvärinän havaitsemiseksi Kardia Mobile tarvitsee vähintään 30 sekunnin pituisen mittauksen, ja se ilmoittaa yksinkertaisen tuloksen välittömästi. Yhdysvalloissa sovelluksessa on myös mahdollisuus ostaa tarkempi analyysi mittauksesta. Siellä Kardia Mobile maksoi 99 \$ sisältäen EKG-laitteen ja mobiilisovelluksen. Insinööritöön aikana se ei ollut saatavilla Suomessa.

6.3.2 Beat2Phone

Beat2Phone on Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n kehittämä mobiilisovelluksen ja pienen EKG-mittarin kokonaisuus. Se on tarkoitettu reaaliaikaista EKG-rekisteröintiä varten sekä heti sydänoireiden ilmaantuessa että pidempiaikaisessa seurannassa. Mobiilisovellus toimii Android-älypuhelimissa, johon se vastaanottaa EKG-mittarin lähettämän datan Bluetooth-yhteydellä (kuva 14). Mittaaminen tapahtuu korkealla tarkkuudella ja signaalista voi havaita sydämenlyönnit yksitellen sekä niiden väliset intervallit. Havaitessaan epäsäännöllisen rytmin sovellus tekee automaattisesti hälytyksen ja mittauksen voi lähettää pilvipalvelun kautta lääkärille arvioitavaksi. [VTT 2016.]



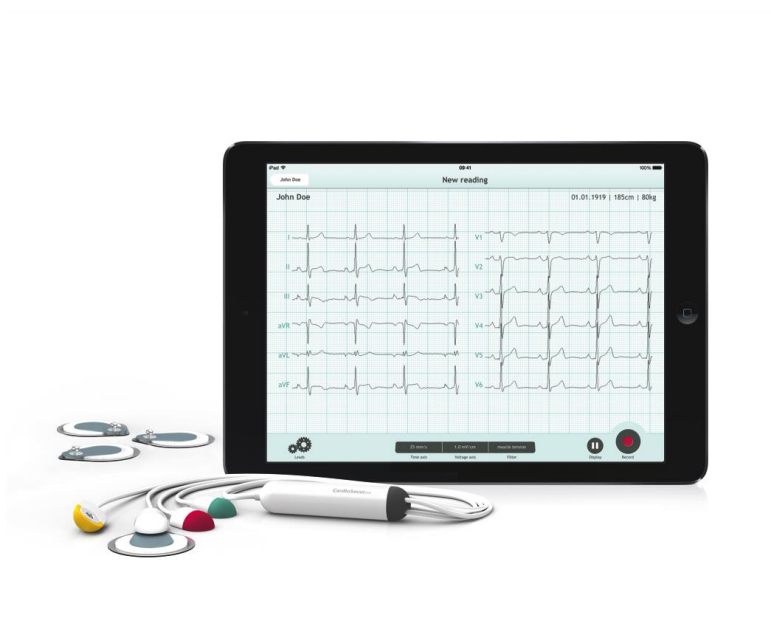
Kuva 14. VTT:n kehittämä Beat2Phone-sovellus ja EKG-mittari [VTT 2016].

Beat2Phone hyödyntää myös GPS-paikannusta, asento- ja aktiivisuusanturia, joiden avulla voi tarkkailla kestävyysliikuntasuorituksia sekä ehkäistä esimerkiksi niin sanonutta ylikuntotilaa. Beat2Phone ei ollut insinööriyön aikana vielä julkaistu, eikä sillä ollut vielä lääkintälaittehyväksyntää. Se on ollut koekäytössä Turun yliopistollisen keskussairaalan sydänpotilailla sekä sydänongelmista kärsivillä huippu-urheilijoilla. Tiedotteessa sen arvioitiin tulevan kuluttajien ulottuville vuoden 2017 alkupuolella [VTT 2016].

6.3.3 CardioSecur

Saksalaisen Personal MedSystemsin kehittämä CardioSecur on ensimmäinen älypuhelimella tai tabletilla käytettävä jopa 22 kytkentää näyttävä EKG-laite. Se on julkaistu

vuonna 2015 ja määritelty Ila-luokan terveydenhuollon laitteeksi. Tutkimuksien mukaan se on erittäin tarkka ja vastaa kymmenen elektrodin EKG-laitteita 99,5 %:n tarkkuudella, vaikka käyttääkin vain neljää elektrodia [Bonaventura ym. 2012; Riemenschneider ym. 2014].



Kuva 15. CardioSecur PRO -sovellus ja sen neljä elektrodia [CardioSecur 2016].

CardioSecuresta on olemassa potilaille tarkoitettu active-versio ja lääkäreille tarkoitettu pro-versio (kuva 15), joihin molempiin kuuluu neljän elektrodin kaapeli, mobiilisovellus ja pilvipalvelu. Active-version mittaustarkkuus on 15-kytkentäistä EKG-mittausta vastaava ja pro-version 22-kytkentäistä vastaava. Nämä tarkkuudet perustuvat sydäimestä tuotettuun 360 asteen kuvaan standardien EKG-laitteiden tuottaessa siitä vain 40 %:n kuvan. Elektrodien sijoittaminen on helpohkoa ilman terveydenhoitoalan koulutusta niiden väri-merkintöjen ja selkeiden ohjeiden ansiosta. Lisäksi mobiilisovellus osaa kompensoida noin viiden senttimetrin virheitä elektrodien sijainnissa ja ilmoittaa, jos ne on väärin laitettu. Potilaalle tarkoitettussa versiossa mobiilisovellus vertaa noin minuutin pituista kontrollimittausta aina potilaan omaan referenssimittaukseen. Vertailussa sovellus määrittää mittausten eroavaisuudet ja antaa kolmiportaisella asteikolla yksinkertaisen toimenpideehdotuksen. EKG-mittaukset tallentuvat pdf-muodossa ja ovat käsiteltävissä sekä mobiilisovelluksessa että pilvipalvelun käyttäjätillä. Niiden lähettäminen esimerkiksi lääkärille onnistuu sovelluksesta sähköpostin kautta. Pro-versiossa mittaukset näkyvät kuten 12- tai 22-kytkentäiset EKG-mittaukset, ja ne voivat olla korkeintaan 30 minuuttia pitkiä.

Siinä on myös mahdollista ostaa lisätoiminteena automaattinen mittausten tulkinta, joka perustuu HES-algoritmiin. Insinööritöön aikana molemmat CardioSecur-mobiilisovelluksen versiot olivat saatavilla Applen App Storesta ja active-versio Googlen Play Storesta. EKG-mittalaitteet olivat tilattavissa Saksasta active-versiona 99 € ja pro-versiona 199 €. Lisäksi mobiilisovelluksen ja käyttäjätilin käyttö maksoi molemmissa versioissa 9,95 € kuukaudessa.

6.4 Sovelluskartoituksen yhteenveto

Taulukossa 1 on sovelluskartoituksen sovelluksia nimen mukaisessa aakkosjärjestyksessä ja tärkeimmät tiedot mainittuina. Siinä ei ole niitä sovelluksia, jotka oli mainittu vain tutkimustietojen takia.

Taulukko 1. Sovelluskartoituksen yhteenveto.

SOVELLUKSEN NIMI	VALMISTAJA / KEHITTÄJÄ	JULKAISU-VUOSI	SENSORIT	KÄYTTÖJÄRJESTELMÄ
Beat2Phone	VTT	2017	Erillinen Bluetooth EKG-mittari	Android
BeatScanner	RemoteA -konserni	2016	Gyroskooppi ja kiihtyvyyssanturi	Android ja iOS
CardioSecur	Personal Med-Systems GmbH	2015	Erilliset 4 elektrodi	Android ja iOS
Kardia Mobile	AliveCor	2012	Erillinen yksikavainen EKG-laite	Android ja iOS
Preventicus Heartbeats	Preventicus GmbH	2016	Kamera ja led-valo	Android ja iOS
Turun yliopiston projekti	Turun yliopisto	2017	Gyroskooppi ja kiihtyvyyssanturi	Android ja iOS

Insinööritöön aikana Kardia Mobile ei ollut saatavilla Suomessa ja Beat2Phone sekä Turun yliopiston projekti olivat vielä julkaisematta, joten niiden tiedot perustuvat ennakkotietoihin. Muut sovellukset olivat saatavilla Suomessa.

7 Tilannekatsaus

Nykytilanne

Sovelluskartoituksen tulos tukee aiemmin esitettyä mHealth-teknologian tilannetta, missä eteisvärinän ja muiden sydämen rytmihäiriöiden havaitseminen älylaitteiden avulla on juuri nyt kiinnostavimpia kohteita kehittäjille ja valmistajille. Se näkyy myös varteenotettavien sovellusten määrässä ja niiden määrittelyjen puutteellisuudessa. Etenkin helposti toteuttavien sovellusten määrä on valtava, niiden laadusta ei ole mitään tietoa, eikä niitä valvota millään lailla. Pahimmassa skenaariossa sydämen terveyttä tarkastelevaksi mainostettua, väärää tuloksia antavaa ja täysin mainostulojen ansaintatarkoituksessa kehitettyä mobiilisovellusta käytetään ainoana oireiden tai terveydentilan mittarina. Tämä on yksi hyvä syy sille, että julkiset terveydenhoitopalvelut joko suosittelisivat tai tarjoaisivat kansalaisille luotettavan sovellusvaihtoehdon.

Sovelluskartoituksessa pelkkien mobiilisovellusten osalta nousi esille selkeästi älypuhelimien kameraa ja led-valoa käyttävä mittaustekniikka, joka perustuu PPG-menetelmään. Tätä tekniikkaa käyttävistä sovelluksista tehdyissä tutkimuksissa tulosten tarkkuus oli hyvä tai erinomainen, mutta olosuhteet olivat optimaaliset ja terveydenhoitoalan ammattilaiset valvoivat oikeaa mittaustekniikkaa. Tutkimuksissa olikin pohdintaa, että saavutetaan-ko sovelluksilla yhtä hyviä tuloksia tavanomaisissa olosuhteissa valoisuuden, ihonvärin ja lämpötilan vaihdellessa. Iäkkäämmän henkilön itsenäisesti suorittamana mittauksena sovellus ei välttämättä tuota tulosta laitteen väärästä asennosta johtuen tai tulos ei ole tarkka. [Krivoshei ym. 2016; McManus ym. 2016.] Lisäksi älylaitteesta riippuen led-valo voi kuumeta etenkin viiden minuutin pituisen mittauksen aikana niin paljon, että aiheuttaa kipuerkimmille ihmisille ikäviä tuntemuksia. Hyvänä puolena PPG-menetelmää hyödyntävissä sovelluksissa on se, että käytännössä kaikki älylaitteet kykenevät sovelluksen suorittamiseen tekniikan osalta. Android-laitteiden osalta sovellusten kehittäjien on tosin mahdotonta luvata, että se toimisi kaikissa laitteissa ohjelmistollisesti. Sovelluskartoituksessa Preventicus Heartbeats oli ainoa tällä tekniikalla toimiva sovellus, josta löytyi tutkimustietoa ja oli saatavilla. Lisäksi se on määritelty luokkaan I kuuluvaksi terveydenhuollon laitteeksi ja se on CE-sertifioitu.

Pelkkien mobiilisovellusten osalta toinen tekniikka sovelluskartoituksessa oli SCG-menetelmän hyödyntäminen älylaitteen gyroskoopin ja kiihtyvyyssanturin avulla. Tekniikan

ollessa uusi mobiilisovellusten käytössä, ei sitä hyödyntäviä sovelluksia ollut tarjolla kuin yksi ja toinen oli kehitteillä. Niistä ei löytynyt suoranaista tutkimustietoa, mutta niiden taustalla on luotettavat tahot ja niiden hyödyntäjästä SCG-menetelmästä älylaitteella löytyi näyttöä [Paukkunen, M. 2014]. Gyroskoopin ja kiihtyvyysanturin käyttö ainakin BeatScanner-sovelluksessa oli paljon helpompaa kuin älylaitteen kameran ja led-valon asettelu sormenpäähän päälle. Siinä riitti älylaitteen likimääräinen asettelu, eikä se ollut yhtä herkkä tahattomille liikkeille. Lisäksi mittausolosuhteissa tarkan tuloksen saamiseksi haittaa on luultavasti vain kovasta melusta ja tärinästä. Huonona puolena on antureiden puuttuminen vanhemmista ja halvemmista älylaitteista, eikä varsinkaan Android-laitteiden gyroskooppien vaihteleva laatu tuota aina optimaalista tulosta.

Erillisiä lisälaitteita antureina käytäviä ja niiden avulla myös rytmihäiriöitä tunnistavia mobiilisovelluksia oli paljon vähemmän tarjolla. CardioSecur olikin ainoa Suomessa saatavilla oleva insinööriyön aikaan. Yleisesti ottaen ne ovat tarkempia ja monipuolisempia sydämen toiminnan seuraamisessa spesifisten antureidensa ansiosta. Lisäksi niillä on paljon käytännöllisempää tehdä sydämen toiminnan pitkäaikaisseurantaa kuin älypuhelimien omilla sensoreilla. Huonona puolena lisälaitteilla on tietenkin hintansa sekä mahdolliset logistiset rasitteet potilaille toimittamisessa ja mahdollisessa huollossa. Ne tulevat kuitenkin huomattavan paljon halvemmiksi kuin nykyisin terveydenhuollon käytössä olevat seurantalaitteet. Mistään ei myöskään käynyt ilmi, miten paljon ne käyttävät älylaitteiden resursseja ja kuinka vakaita ne ovat ohjelmistollisesti. Haasteena voi olla erityisesti samanaikainen aktiivinen älypuhelimien käyttö ja sydämen pitkäkestoinen monitorointi.

Tulevaisuus

Älylaitteiden sensoreiden ja erityisesti laskentatehojen kasvu on jo näkynyt mHealthin voimakkaana kehityksenä muutaman vuoden aikana. Jatkossa sama suunta mitä luultavimmin jatkuu ja siitä on jo merkkejä useissa julkaisuissa ja tutkimuksissa.

Yksi mahdollisuus on rPPG-menetelmän hyödyntäminen, missä henkilön kasvoista lähtöisyydellä otetusta videokuvasta määritellään muun muassa sydämen syke. Tekniikkaa käytetään suonissa virtaavan veren aiheuttamien pienten värimuutosten määrän mittaamiseen erillisten digitaali- tai infrapunakameroiden avulla ja laskemalla värimuutoksista algoritmin avulla sydämen syke [Philips 2016]. Myös mobiilisovelluksissa sitä on

jo hyödynnetty iPhonen omalla kameralla, mutta lyhemmältä etäisyydeltä, eikä mittaus-
ten tarkkuudesta ole tietoa [Cardiio 2016]. Laadukkaasti toteutetussa sovelluksessa
rPPG voisi olla todella helppokäyttöinen menetelmä sekä seulontaan, että monitorointiin.

Toinen mahdollisuus on älylaitteiden omaa mikrofonia tai erillisiä sensoreita käyttävän
fonokardiogrammin (PCG) hyödyntäminen. PCG tuottaa sydänäänikäyrän sydämen toi-
minnasta kuuluvien äänien perusteella. Sitä hyödyntäviä sovelluksia ei ole tarjolla, mutta
sitä on tutkittu jo jonkin aikaa [Norouzi 2014; Chen ym. 2011]. Jos PCG ei ole tarpeeksi
tarkka itsenäisiin mittauksiin älylaitteilla, niin se voisi olla täydentävä tai varmentava mit-
tausmenetelmä esimerkiksi SCG-menetelmän rinnalla.

Kolmas mahdollisuus on ballistokardiografian (BCG) hyödyntäminen älylaitteiden omilla
tai erillisillä sensoreilla. BCG mittaa SCG:n tapaan sydämen toiminnasta aiheutuvia voi-
mia voima-anturilla tai kiihtyvyysanturilla, mutta se tapahtuu koko ihmiskehon osalta,
eikä vain sydämen kohdalta kuten SCG:ssa. Nykyään BCG-menetelmää hyödynnetään
esimerkiksi Bedditin unen laadun ja sydämen sykkeen tarkkailuun tarkoitetussa senso-
rissa, joka laitetaan patjan alle nukkumisen ajaksi siirtämään mittadataa mobiilisovelluk-
seen [Beddit 2016].

Älylaitteisiin kiinnitettävät sensoritkin tulevat varmasti kehittymään jatkossa ja olemaan
monimuotoisemmin käytössä. Suomessa VTT:n tulevan Beat2Phonen lisäksi kehitteillä
on Heart2Save. Tavoitteena Heart2Save-sovelluksessa on mitata henkilön sydänkäyrä
älypuhelimeen kiinnitettävillä EKG-reseptoreilla ja tehdä pikadiagnoosi sydämen tilasta.
Sen voisi hätätilanteessa välittää hätäkeskukseen suoraan tai käyttää oman sykkeen
tarkkailuun. [Jansson 2015.]

Yleisesti ottaen ihmisten kiinnostus omaan terveydentilaan on kasvussa terveystietoi-
suuden sekä kunto- ja kilpaurheilun suosion kasvun myötä. Perinteiset rinnalle asetetta-
vat sykemittarit ovat saaneet kilpailijoikseen aktiivisuusrannekkeet ja älykellot. Niiden
pääasiallinen tarkoitus on kokonaisvaltainen ihmiskehon toimintojen tarkkailu ja siinä
ohessa myös sydämen toimintojen tarkkailu. Eteisvärinän tai muiden sydämen rytmihäi-
riöiden havaitsemista niillä on kuitenkin tutkittu vasta vähän. Tuore tutkimus totesi Fitbit
Charge HR -aktiivisuusrannekkeen (kuva 16) mittaustarkkuuden olevan huonompi ni-
menomaan epäsäännöllisen sykkeen omaavilla henkilöillä [Kroll ym. 2016].



Kuva 16. Fitbit Charge HR -aktiivisuusranneke ja Apple Watch -älykello Kardia Band -rannekeella [Fitbit 2016; AliveCor 2016].

Sovelluskartoituksessa esitellyn Kardia Mobilen kehittäjä AliveCor on julkaissut Apple Watch -älykelloon sopivan Kardia Band -rannekkeen, jolla voi tehdä EKG-mittauksen samaan tapaan kuin Kardia Mobilessa. Kardia Band näyttää tuloksen suoraan Apple Watchin näytöllä, jos siihen on asennettu Kardian sovellus (kuva 16). AliveCor on hake-massa FDA:n hyväksyntää laitteelle. [AliveCor 2016.] Älyrannekkeet voivat kehittyes-sään olla helppokäyttöisiä ja melko edullisia laitteita sydämen tarkkailuun. Älykellot ovat ainakin vielä huomattavasti kalliimpia, mutta useiden merkittävien valmistajien markki-noille tulon myötä luultavasti halpenevat.

Biosensorivalmistuksen tullessa halvemmaksi terveydentilan ja myös sydämen toiminto-jen havainnointi monimuotoistuu muutoinkin ja tulee lähemmäksi ihmisten arkea. Yhdis-tettäessä biosensorit esineiden internettiin (Internet of Things, IOT), mittadata on siirret-tävissä melkein missä vaan ja mistä vaan. Esimerkkinä siitä ovat autoon integroitava kuljettajan terveydentilan tarkkailu [Audi 2016] ja älyvaatteiden kehittyminen sykkeen mittaamisessa [ITRI 2016]. Biosensoreiden tuottaman mittadatan kerääminen ja analy-sointi laadukkaasti tuottaisi kattavan arsenaalin eteisvärinän ja muiden sydämen rytmihäiriöiden havaitsemiseen.

8 Yhteenveto

Insinööriyössä selvitettiin eteisvärinän havainnointiin kykenevien mobiilisovellusten nykyistä tilannetta, mitä lähitulevaisuudessa on kehitteillä ja pohdittiin hieman mHealth-tekniologian tulevaisuutta sydämen toiminnan tarkkailun mahdollisuuksien osalta. Tavoitteena oli löytää sopivista mobiilisovelluksista tutkimustietoa, selvittää niiden toiminnot, miten ne toimivat, sekä laatia sovelluskartoitus Sydäntalo-projektia varten.

Sovelluskartoituksen perusteella insinööriyön ajankohta oli hyvä selvitystyölle. Lähes kaikki vaatimukset täyttäviä sovelluksia löytyi jo tarjolla olevista sekä lähitulevaisuudessa julkaistavista. Mielenkiintoista oli erityisesti sovellusten käyttämät erilaiset mittaustekniikat, niistä löytyvä tutkimustieto sekä tulevaisuuden kehitysnäkymät. Insinööriyön esitellyt sovellukset antavat hyvän perustan Sydäntalo-projektin hakemalle ratkaisulle tai sopivat jopa suoraan käyttötarkoitukseen. Luultavasti ne kuitenkin tarvitsevat vielä tarkempia tutkimuksia ja määrittelyjä etenkin tietosuojan kannalta, mutta antavat hyvän kuvan mittaustekniikkansa puolesta, mitä mahdollisuuksia on olemassa.

Eteisvärinän havaitseminen mobiilisovelluksella on insinööriyöraportissa esiteltujen tutkimusten mukaan mahdollista tarkoin tuloksin. Vaikka ne eivät olekaan yhtä tarkkoja ja luotettavia kuin sairaalakäytössä olevat EKG-laitteet, on niillä kuitenkin huomattava etu saatavuuden ja kustannusten osalta. Varsinkin seulontamittauksissa niiden tuottama tieto sydämen toiminnasta erilaisine analyyseineen on täysin uusi apuväline eteisvärinän havaitsemiseen ja mahdollistaa jopa massaseulonnat.

Sydäntalon tarjoamalla mobiilisovelluksella olisi edellytykset olla hyvinkin taloudellinen ja hyödyllinen apuväline kansanterveyden edistämisessä. Laadukas sovellus voisi olla jatkossa digitaalinen osa hoitopolkua, sen avulla voisi tuoda terveydenhuoltopalvelua saataville kotiin asti sekä motivoida ja valistaa kansalaisia oman sydämen tarkkailuun. Tuomalla sovellus julkisen terveydenhuoltopalveluiden kautta kansalaisille se voisi myös ohjata heitä käyttämään luotettua ja tutkittua sovellusta turhien tai jopa vahingollisten mHealth-sovelluksien sijaan.

Lähteet

AliveCor. 2016. Verkkodokumentti. <<https://store.alivecor.com/>>. Luettu 1.11.2016.

Anderson, M. 2015. Technology Device Ownership: 2015. Pew Research Center.

BeatScanner. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.beatscanner.com/>>. Luettu 22.10.2016.

Beddit. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.beddit.com/>>. Luettu 28.10.2016.

Bonaventura, K., Wellnhofer E., Fleck, E. 2012. Comparison of standard and derived 12-lead electrocardiograms registered by a simplified 3-lead setting with four electrodes for diagnosis of coronary angioplasty-induced myocardial ischemia. European Cardiology. Vol. 8, Issue 3.

Buttarelli, G. 2015. Mobile Health: Reconciling technological innovation with data protection. European Data Protection Supervisor, Opinion 1/2015, 21.5.2015.

Cardio. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.cardio.com/>>. Luettu 15.11.2016.

CardioSecur. 2016. Verkkodokumentti. <<https://shop.cardiosecur.com/>>. Luettu 3.11.2016.

Chan, P., Wong, C., Poh, Y., Pun, L., Leung, W., Wong, Y., Wong, M., Poh, M., Chu, D., Siu, C. 2016. Diagnostic performance of a smartphone-based photoplethysmographic application for atrial fibrillation screening in a primary care setting. Journal of the American Heart Association, Vol. 5.

Chen, Y., Chen, H., Chen, T., Chen, L. 2011. Robust heart rate measurement with phonocardiogram by on line template extraction and matching. Engineering in Medicine and Biology Society, 2011.

Dehling, T., Gao, F., Schneider, S., Sunyaev, A. 2015. Exploring the Far Side of Mobile Health: Information Security and Privacy of Mobile Health Apps on iOS and Android. JMIR mHealth and uHealth 2015, Vol. 3, No. 1.

DNA. 2016. Dna:n myydyimmät matkapuhelimet 2016. Verkkodokumentti. <<https://corporate.dna.fi/myyntitilastot>>. Luettu 17.11.2016.

Elisa. 2016. Henkilöasiakkaiden myydyimmät puhelimet elokuussa 2016. Verkkodokumentti. <<http://corporate.elisa.fi/elisa-oyj/tiedotteet/tiedote/?otsikko=elisan-elokuun-myydyimmat-puhelimet-oneplus-3lle-ykkostila&id=95390437242793&tag=corporate.elisa.fi%3Anational-press>>. Luettu 17.11.2016.

EU. 2014. Vihreä kirja terveysalan mobiilisovelluksista. Euroopan Komissio.

Fitbit. 2016. Verkkodokumentti. <<https://www.fitbit.com/fi/chargehr>>. Luettu 16.11.2016.

Holopainen, A. 2015. Mobiiliteknologia ja terveyssovellukset, mitä ne ovat? Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim. Numero 13 / 2015.

HUS Application Guidelines. 2014. Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri.

ITRI Industrial Technology Research Institute. 2016. Smart Clothing Integrates Health and Maximum Comfort. ITRI Today 86, Fall Issue 2016.

Jansson, K. 2015. Suomalaissovellus voi pelastaa ihmishenkiä – perustuu yksinkertaiseen tekniikkaan. Verkkodokumentti. Yle <<http://yle.fi/uutiset/3-8288570>> . Luettu 28.10.2016.

JM. 2016. Älypuhelinsovellus tunnistaa eteisvärinän ilman lisälaitteita. Verkkodokumentti. Turun yliopisto <<http://www.utu.fi/fi/Ajankohtaista/Uutiset/Sivut/alypuhelinsovellus-tunnistaa-eteisvarinan-ilman-lisalaitteita.aspx>>. Luettu 19.10.2016.

Krivoshei, L., Weber, S., Burkard, T., Maseli, A., Brasier, N., Kühne, M., Conen, D., Huebner, T., Seeck, A., Eckstein J. 2016. Smart detection of atrial fibrillation. Verkkodokumentti. Europace advance access <<http://dx.doi.org/10.1093/europace/euw125>>. Luettu 22.10.2016.

Kroll, R., Boyd, J., Maslove D. 2016. Accuracy of a Wrist-Worn Wearable Device for Monitoring HeartRates in Hospital Inpatients:A Prospective bservational Study. Journal of Medical Internet Research, Vol. 18, No. 9.

Käypähoito. 2015. Verkkodokumentti. <<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=hoi50036>>. Luettu 07.10.2016.

Lau, J., Lowres, N., Neubeck, L., Brieger, D., Sy, R., Galloway, C., Albert, D., Freedman, S. 2013. iPhone ECG application for community screening to detect silent atrial fibrillation: A novel technology to prevent stroke. International Journal of Cardiology, Vol. 165, Issue 1, s. 193–194.

McManus, D., Chong, J., Soni, A., Saczynski, J., Esa, N., Napolitano, C., Darling, C., Boyer, E., Rosen, R., Floyd, K., Chon, K. 2016. PULSE-SMART: Pulse-based arrhythmia discrimination using a novel smartphone application. Journal of Cardiovascular Electrophysiology, Vol. 27, s. 51–57.

Norouzi, N. 2014. Multi-Modal Heart-Beat Estimation On an iPhone. University of Toronto, Master of Applied Sciences Thesis.

Paukkunen, M. 2014. Seismocardiography: Practical implementation and feasibility. Aalto-yliopisto, väitöskirja 145/2014.

Phend, C. 2016. ESC: Smartphone makes a smart afib diagnosis. Verkkodokumentti. MedPage Today <<http://www.medpagetoday.com/meetingcoverage/esc/59904>>. Luettu 23.10.2016.

Philips. 2014. Vital Signs Camera. Verkkodokumentti. <<http://www.ip.philips.com/licensing/program/115>>. Luettu 7.11.2016.

Remote Analysis. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.remoteanalysis.net/>>. Luettu 25.10.2016.

Research2guidance. 2016. mHealth App Developer Economics 2016. mHealth Economics Research Program.

Riemenschneider, M., Deeg, D., Schwagten, B., Van Langenhove, G. 2014. Revealing timely ECG changes Decreases the likelihood of Undesirable Cardiac Events-Trial. Clinical Research in Cardiology, Vol. 103, Suppl. 2.

Sonera. 2016. Soneran myydyimmät puhelimet elokuussa. Verkkodokumentti. <<https://www.sonera.fi/medialle/showArticleView?article=iphone-palasi-paalupaikalle-soneran-puhelinmyynniss&id=56b64fc0-b7dd-4842-9857-9e0887e951e1>>. Luettu 17.11.2016.

Statcounter. 2016. Top 8 Mobile & Tablet Operating Systems in Finland from Jan to Nov 2016. Verkkodokumentti. <<http://gs.statcounter.com/#mobile+tablet-os-FI-monthly-201601-201611>>. Luettu 17.11.2016.

STM Sote- ja maakuntauudistus. 2016. Verkkodokumentti. <<http://alueuudistus.fi/soteuudistus>>. Luettu 22.11.2016.

Subhi, Y., Bube, S., Bojsen, S., Thomse, A., Konge, L. 2015. Expert Involvement and Adherence to Medical Evidence in Medical Mobile Phone Apps: A Systematic Review. JMIR Mhealth and Uhealth 2015, Vol. 3, No. 3.

Sydänliitto. 2011. Eteisvärinä-opas. Suomen Sydänliitto ry.

Sydäntalon projektikortti. 17.3.2016. Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri.

Syvänne, M. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.sydan.fi/sydansairaudet-ja-hoito/eteisvarina#aiheuttajat>>. Luettu 22.11.2016.

Tarakji, K., Wazni, O., Callahan, T., Kanj, M., Hakim, A., Wolski, K., Wilkoff, B., Saliba, W., Lindsay, B. 2015. Using a novel wireless system for monitoring patients after the

atrial fibrillation ablation procedure: the iTransmit study. Heart Rhythm, Vol. 12, Issue 3, s. 554–559.

Terveyskylä. 2016. Verkkodokumentti. <<https://www.terveyskyla.fi/>>. Luettu 21.11.2016.

Tilastokeskus. 2015. Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestön tieto- ja viestintätekniikan käyttö. Verkkodokumentti. <http://www.stat.fi/til/sutivi/2015/sutivi_2015_2015-11-26_kat_002_fi.html>. Luettu 17.11.2016.

Virtuaalisairaala 2.0 hankesuunnitelma. 29.2.2016. Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri.

VTT. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/vtt-n-mobiililaite-havaitsee-rytmih%C3%A4iri%C3%B6t>>. Luettu 11.11.2016.

WHO. 2011. mHealth New horizons for health through mobile technologies. Global Observatory for eHealth series - Volume 3.

Wikipedia. 2016. Atrial fibrillation. Verkkodokumentti. <https://en.wikipedia.org/wiki/Atrial_fibrillation>. Luettu 11.11.2016.

Wikipedia. 2016. Pulse oximetry. Verkkodokumentti. <https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse_oximeter>. Luettu 11.11.2016.